

VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDNEJ ÚRODNOSTI, BRATISLAVA
STREDISKO PRE ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM - PÔDA
PRI VÝSKUMNOM ÚSTAVE PÔDNEJ ÚRODNOSTI, BRATISLAVA
LESOPROJEKT, ZVOLEN

ÚSTREDNÝ KONTROLNÝ A SKÚŠOBNÝ ÚSTAV POLNOHOSPODÁRSKY, BRATISLAVA
LESNÍCKY VÝSKUMNÝ ÚSTAV, ZVOLEN

MONITORING PÔD SLOVENSKEJ REPUBLIKY

SÚČASNÝ STAV MONITOROVANÝCH

VLASTNOSTÍ PÔD

**Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému - pôda, ako súčasť
Monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky
za obdobie 1992 - 1996**

Bratislava 1997

SOIL FERTILITY RESEARCH INSTITUTE, BRATISLAVA.
CENTRE FOR PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL
AT THE SOIL FERTILITY RESEARCH INSTITUTE, BRATISLAVA.

LESOPROJEKT, ZVOLEN.

CENTRAL CHECKING AND TESTING INSTITUTE IN AGRICULTURE, BRATISLAVA.

RESEARCH INSTITUTE IN FORESTRY, ZVOLEN.

SOIL MONITORING OF SLOVAK REPUBLIC
PRESENT STATE OF MONITORED
SOIL PROPERTIES

**The results of Partial Monitoring System - Soil as a part
of Environment Monitoring of Slovak Republic
for the period 1992 - 1996**

Bratislava 1997

Recenzovali: (Reviewers:) Prof. Ing. E. Bublinec, CSc., Doc. Ing. J. Toth, CSc.

Návrh obálky: Š. Moro

Design: Š. Moro

Preklad do angličtiny: (Translation:) Ing. Jozef Kobza, CSc.

© VÚPÚ, Bratislava, 1997

ISBN 80-85361-35-3

Výskumný ústav pôdnej úrodnosti (VÚPÚ), Bratislava,
Stredisko pre Čiastkový monitorovací systém - pôda
pri Výskumnom ústave pôdnej úrodnosti, Bratislava
Lesoprojekt, Zvolen
Ústredný kontrolný a skúšobný ústav (ÚKSÚP), Bratislava
Lesnícky výskumný ústav (LVÚ), Zvolen

MONITORING PŔD SLOVENSKEJ REPUBLIKY SÚČASNÝ STAV MONITOROVANÝCH VLASTNOSTÍ PŔD

1992 - 1996

- Autori: Ing. Vladimír Linkeš, CSc. (VÚPÚ)
Ing. Jozef Kobza, CSc. (VÚPÚ)
Ing. Milan Švec, CSc. (Lesoprojekt)
Ing. Peter Ilka, CSc. (ÚKSÚP)
Ing. Pavol Pavlenda (LVÚ)
RNDr. Gabriela Barančíková, CSc. (VÚPÚ)
Ing. Libuša Matúšková, CSc. (VÚPÚ)
- Spoluautori: RNDr. V. Brečková, (VÚPÚ),
Ing. D. Búlik, (VÚPÚ), Ing. V. Čepková, (ÚKSÚP), Mgr.P. Dlapa,
(Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava),
Ing. A. Došeková, (VÚPÚ), RNDr. B. Houšková, (VÚPÚ),
Ing. A. Chomaničová, CSc. (VÚPÚ), Ing. R. Kanianska, (VÚPÚ),
RNDr. J. Makovníková, (VÚPÚ), Ing. J. Styk, (VÚPÚ)
- Spracovanie máp: Mgr. P. Dlapa (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava):
mapa 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13
Ing. Z. Haľamová (Ekotrust, B. Štiavnica): mapa 11
VÚPÚ: mapa 1, 2
VÚPÚ + Slovenská agentúra životného prostredia: mapa 12

Bratislava 1997

Soil Fertility Research Institute (SFRI), Bratislava
Centre for Partial Monitoring System - Soil at SFRI, Bratislava
Lesoprojekt, Zvolen
Central Checking and Testing Institute (CCTI), Bratislava
Research Institute in Forestry (RIF), Zvolen

SOIL MONITORING OF SLOVAK REPUBLIC
PRESENT STATE OF MONITORED SOIL PROPERTIES

1992 - 1996

Authors: Vladimír Linkeš (SFRI)

Jozef Kobza (SFRI)

Milan Švec (Lesoprojekt)

Peter Ilka (CCTI)

Pavol Pavlenda (RIF)

Gabriela Barančíková (SFRI)

Libuša Matúšková (SFRI)

Co - authors: V. Brečková, (SFRI), D. Búlik, (SFRI), V. Čepková, (CCTI), P. Dlapa, (Natural Sciences Faculty of Comenius University, Bratislava), A. Došeková, (SFRI), B. Houšková, (SFRI), A. Chomaničová, (SFRI), R. Kanianska, (SFRI), J. Makovníková, (SFRI), J. Styk, (SFRI)

Map elaboration: P. Dlapa, Natural Sciences Faculty of Comenius University, Bratislava):

maps 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13

Z. Haľamová (Ekotrust, B. Štiavnica): mapa 11

SFRI: maps 1, 2

SFRI + Slovak Agency for Environment: map 12

Bratislava 1997



The work is published for the memory of exceptional contribution by Dr. Vladimír Linkeš for slovakian agricultural soils monitoring. To our sorrow he has not survived his work publication.

For the blessed memory of Dr. Vladimír Linkeš.

Publikácia je venovaná spomienke na mimoriadny prínos Ing. Vladimíra Linkeša, CSc. pri vykonávaní monitoringu poľnohospodárskych pôd SR. Žiaľ vydania publikácie sa už nedožil.

Obsah – Contents

| | |
|---|----|
| 1. PRED SLOV | 11 |
| 1. FOREWORD | 13 |
| 2. ÚVOD | 15 |
| 2. INTRODUCTION | 17 |
| 3. CIELE, PRINCÍPY A ŠTRUKTÚRA ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU - PÔDA | 19 |
| 3.1 Objekt monitoringu pôd | 19 |
| 3.2 Princípy správanía sa pôd v čase a priestorová variabilita pôdneho krytu | 20 |
| 3.3 Princípy monitoringu pôd | 21 |
| 3.4 Štandardizácia monitoringu pôd | 22 |
| 3.5 Subsystemy monitoringu pôd | 23 |
| 3.6 Archív pôdnych vzoriek | 24 |
| 3. AIMS, PRINCIPLES AND STRUCTURE OF PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL | 25 |
| 4. METÓDY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU - PÔDA | 26 |
| 4.1 Monitorovacia sieť | 26 |
| 4.1.1 Základná sieť | 26 |
| 4.1.2 Lesné pôdy | 27 |
| 4.1.3 Kľúčové monitorovacie lokality | 28 |
| 4.2 Odber pôdnych vzoriek | 29 |
| 4.3 Výber monitorovaných vlastností pôd a prehľad používaných metód | 31 |
| 4.4 Vývoj vlastností pôd za posledných 25 až 30 rokov | 33 |
| <i>THE METHODS OF THE PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL</i> | 35 |
| 5. SÚČASNÝ STAV RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV V PÔDACH SLOVENSKA | 36 |
| 5.1 Formy rizikových stopových prvkov v pôdach | 36 |
| 5.2 Poznámka k použitému matematicko - štatistickému hodnoteniu a k zostaveniu máp | 37 |
| 5.3 Obsah rizikových stopových prvkov | 39 |
| 5.3.1 Kadmium | 39 |
| 5.3.2 Olovo | 41 |
| 5.3.3 Chróm | 42 |
| 5.3.4 Nikel | 45 |
| 5.3.5 Ortuť | 46 |
| 5.3.6 Arzén | 47 |
| 5.3.7 Meď | 49 |
| 5.3.8 Zinok | 50 |
| 5.3.9 Selén | 52 |
| 5.3.10 Kobalt | 53 |
| 5.3.11 Fluor | 55 |
| <i>PRESENT STATE OF RISK TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF SLOVAKIA</i> | 56 |
| 5.4 Stav kontaminácie pôdnych typov a subtypov rizikovými stopovými prvkami | 58 |
| <i>PRESENT STATE OF CONTAMINATION BY RISK TRACE ELEMENTS IN SOIL TYPES AND SUBTYPES</i> | 61 |

| | |
|---|-----|
| 5.5 Zhodnotenie stavu kontaminácie pôd SR | 62 |
| <i>EVALUATION OF SOIL CONTAMINATION DETERMINED IN SLOVAKIA</i> | 63 |
| 6. PROBLEMATIKA MOBILNÝCH A MOBILIZOVATELNÝCH FORIEM RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV V PÔDACH A ICH VÝZNAM V MONITORINGU PÔD | 64 |
| <i>PROBLEM OF MOBILE AND POTENTIAL MOBILE FORMS OF RISK TRACE ELEMENTS IN SOILS AND THEIR IMPORTANCE IN SOIL MONITORING</i> | 68 |
| 7. OBSAH POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKOV (PAU) V POLNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SR | 69 |
| <i>CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHS) IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA</i> | 73 |
| 8. PLOŠNÝ PRIESKUM ZNEČISTENIA POLNOHOSPODÁRSKYCH PÔD SR | 74 |
| <i>AREA SOIL CONTAMINATION SURVEY OF AGRICULTURAL SOILS IN SLOVAKIA</i> | 79 |
| 9. OBSAH A ZLOŽENIE HUMUSU V PÔDACH SR | 80 |
| 9.1 Súčasný stav obsahu a kvalitatívneho zloženia humusu v poľnohospodárskych pôdach SR | 81 |
| 9.2 Detailná charakteristika kvalitatívneho zloženia humusu (humínových kyselín) v poľnohospodárskych pôdach SR | 83 |
| 9.3 Množstvo a kvalita humusu v lesných pôdach SR | 87 |
| <i>CONTENT AND FRACTIONAL COMPOSITION OF HUMUS IN SOILS OF SLOVAKIA</i> | 89 |
| 10. PÔDNA REAKCIA A OBSAH AKTÍVNEHO HLINÍKA | 91 |
| <i>SOIL REACTION AND ACTIVE ALUMINIUM CONTENT</i> | 96 |
| 11. OBSAH PRIJATELNÝCH ŽIVÍN (P, K) V POLNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SR | 97 |
| <i>CONTENTS OF AVAILABLE NUTRIENTS (P, K) IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA</i> | 102 |
| 12. VÝVOJ VLASTNOSTÍ PÔD ZA POSLEDNÝCH 30 AŽ 35 ROKOV | 103 |
| <i>SOIL PROPERTIES DEVELOPMENT DURING LAST 30 - 35 YEARS</i> | 112 |
| 13. FYZIKÁLNE VLASTNOSTI ORNÝCH PÔD SR | 114 |
| <i>PHYSICAL PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN SLOVAKIA</i> | 117 |
| 14. ERÓZIA PÔD | 118 |
| <i>SOIL EROSION</i> | 121 |
| 15. DATABÁZA - ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM - PÔDA | 122 |
| <i>DATABASE - PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL</i> | 123 |
| 16. ZÁVER | 124 |
| <i>CONCLUSION</i> | 125 |
| 17. LITERATÚRA | 126 |

1. PREDISLOV

Monitorovanie vlastností pôd Slovenska sa stalo skutočnosťou. Dlhá príprava (od 80-tych rokov) bola objektívne potrebná a to nielen z hľadiska odborného ujasnenia si cieľov a základných princípov monitorovania pôd, ale aj z dôvodov len postupného presadzovania tejto myšlienky vo vedomí decíznej sféry poľnohospodárstva a ochrany životného prostredia.

Zmeny po roku 1989 a ambiciózni ľudia prichádzajúci na scénu v prvých časoch po revolúcii akcelerovali realizáciu monitorovania zložiek prírodného prostredia vrátane pôdy. Dobré si pamätáme prvé, často brainstormingové diskusie organizované Ministerstvom životného prostredia SR s cieľom založiť relatívne rozsiahly monitorovací systém a tvoriť poznanie o vývoji vlastností zložiek prírody.

Cesta k Uzneseniu vlády SR č. 620, zo 7. septembra 1993, ktorým sa schválilo vykonávanie monitoringu zložiek životného prostredia v SR nebola ľahká. Bola však úspešná. Na jej konci bolo rozhodnutie, ktorým Slovenská republika potvrdila povest civilizovanej krajiny a zaradila sa do medzinárodného spoločenstva štátov, ktoré akceptovali Odporúčanie Rady Európy č. RE NV (90)1 o európskej stratégii pri ochrane životného prostredia (1990), kde sa odporúča členským krajinám RE zabezpečiť permanentné monitorovanie vlastností zložiek životného prostredia. Vo vzťahu k prírode sa zahájením monitorovania vyhovelo aj mnohým ďalším medzinárodným dokumentom, odporúčaniam, či dokonca direktívam.

Na základe konkurzného konania sa koordinačným pracoviskám pre monitoring vlastností pôd SR stal Výskumný ústav pôdnej úrodnosti v Bratislave. Nadväzne rozhodnutím vlády SR a menovacím dekrétom ministra pôdohospodárstva SR sa Výskumný ústav pôdnej úrodnosti v Bratislave stal aj Strediskom čiastkového monitorovacieho systému - pôda.

Dnes, 5 rokov od začatia monitorovania vlastností pôd máme už konkrétne a vcelku zaujímavé výsledky. Priebežne sme ich tvorili, ale aj poskytovali mnohým záujemcom a najmä povinným zákazníkovi - štátnej správe. Vypracovaná sumárna správa je len abstraktom z veľkého množstva údajov a poznatkov zozbieraných v rokoch 1992-1996. Treba v tejto súvislosti oceniť pozitívny vzťah rezortu pôdohospodárstva k povinnosti monitorovať poľnohospodársky a lesný pôdny fond a poďakovať Ministerstvu životného prostredia za permanentný záujem a podporu monitorovania pôd. Poďakovať treba pracovníkovi Výskumnému ústavu pôdnej úrodnosti

v Bratislave, ale aj spolupracujúcim organizáciám, najmä Lesoprojektu Zvolen, Ústrednému kontrolnému a skúšobnému ústavu v Bratislave a Lesníckemu výskumnému ústavu, za dobrú prácu a nové poznania.

Pri vstupe do druhého cyklu monitorovania pôd Slovenska (1997 - 2001) si želajme pokračujúcu podporu štátnej správy a naďalej dobrú prácu všetkých aktérov tohto záslužného projektu. Je to práca pre budúcnosť našej krajiny. A na nej nám predsa všetkým záleží.

RNDr. Pavol Bielek, CSc.
riaditeľ
Výskumného ústavu
pôdnej úrodnosti, Bratislava

1. FOREWORD

Soil properties monitoring in Slovakia has been reality at present. Longterm preparatory work (since 80-ies) of the monitoring system was objectively necessary not only for professional clarification of targets and basic principles of soil monitoring, however for the reasons of just only this idea gradual application in the consciousness of agricultural decision sphere as well as environmental conservation, respectively.

Economical changes after 1989 and some ambitious people coming on the scene immediately after the revolution accelerated realization of environmental monitoring, including soil. It is well known, first offer brainstorming discussions were organized by the Ministry of Environment of the Slovak Republic focused to establishment of relatively large monitoring system and formation of knowledge on development of nature component properties.

The way to the Resolution of Slovakia Republic (SR) Government n. 620 of September 7, 1993 that authorized environmental components monitoring in the SR, was not easy at all. However it was fully successful. At its end there was decision, with it the SR confirmed its reputation of a civilized country and incorporated itself into international nations community, which have accepted Recommendation European Committee (EC) n. RENV (90) 1 on european strategy in environmental conservation (1990), whereby EC member european countries of are recommended to secure permanent monitoring of all the environment components. In relationship to the nature the monitoring establishment temporarily respected also many other international documents, recommendations, or even directions.

Based on the competition among several condition institutions for soil properties monitoring of the SR, Soil Fertility Research Institute (SFRI), Bratislava was authorized to monitor slovakian cropland. Consequently the Government of the SR and mandatory decret of the SR agriculture minister, the Soil Fertility Research Institute has became the Centre of Partial Monitoring System - Soil.

Today, 5 years after the start of soil properties monitoring we have concrete and relatively interesting results. Continuously we have formed them and offered for many interested parties, particularly clients on duty - Governmental administrative. The summarized report is only an abstract from large whole of data and findings collected in period 1992 - 1996. With this aspect is also necessary to evaluate posi-

ve relationships of the Agricultural Department to the duty of the cropland and forest land resources a express our acknowledgement to the Ministry of Environment for its permanent interest and promotion of the soil monitoring. Many thanks is also necessary to express the colleagues of the Soil Fertility Research Institute, Bratislava and collaborating organizations, particularly Lesoprojekt, Zvolen, Central Checking and the Testing Agricultural Institute, Bratislava, and Forestry Research Institute, for their good work and new findings.

Entering into second cycle of the Slovakian Soil Monitoring (1997 - 2001) our wishes are - continuation of Governmental promotion and further good work of the all participants of this meritorious project. It is the work for the future of our country. And we all are anxious for it.

Dr. Pavol Bielek
Head of Soil Fertility
Research Institute
in Bratislava

2. ÚVOD

Zmeny vlastností pôd v negatívnom i pozitívnom zmysle, ako aj znečisťovanie pôd zapríčinené rôznymi aktivitami človeka, prebiehajú už veľmi dlho, ale najintenzívnejšie od začiatku rozvoja priemyslu, intenzívneho spaľovania fosilných palív a od začiatku moderného poľnohospodárstva používajúceho agrochemikálie a mechanizáciu obrábania pôd. Stupňovanie týchto procesov je v posledných desaťročiach také intenzívne, že na veľkých plochách ohrozuje a viditeľne ničí najmä najcitlivejšie - biologické zložky krajiny, negatívne ovplyvňuje zdravotný stav obyvateľstva a v rôznej miere postihuje aj pôdy. Na druhej strane však stupňovanie uvedených procesov zabezpečuje výživu narastajúceho počtu obyvateľstva a jeho existenciu. Zmeny v pôdnych vlastnostiach prebiehajú väčšinou pomalšie, majú však trvalejší charakter a veľmi ťažko sa naprávajú.

Z uvedených dôvodov, sa sledovanie zmien (monitoring) životného prostredia, a tým aj pôd, stáva samozrejmom súčasťou riadenia každého vyspelého štátu. U nás sa takýto monitorovací systém začal vytvárať na základe „Uznesenia vlády Slovenskej republiky číslo 620, zo 7. septembra 1993“. Monitoring životného prostredia pozostáva z 13 čiastkových monitorovacích systémov, z ktorých jeden sa venuje pôdam.

Pôda - konkrétnejšie pôdny kryt, má v monitorovaní životného prostredia významnú úlohu najmenej z dvoch hľadísk. Jednak ako nenahraditeľná zložka krajiny pre produkciu a výrobu potravín a dôležitých surovín, a jednak ako zložka s obrovským regulačným a detoxikačným potenciálom. V čiastkovom monitoringu pôd sú zohľadnené obidve uvedené hľadiská.

Cieľom monitoringu pôd je poskytovanie objektívnych informácií o stave a vývoji tejto významnej zložky životného prostredia. Údaje, ktoré tu po prvý raz verejnosti komplexne prezentujeme, pochádzajú priamo zo zisťovaní a meraní vlastností pôd v sieti sond a vybraných honov (výrobných parciel) rozmiestnených na celom území Slovenskej republiky.

Aj keď prezentované informácie za obdobie 1992 - 1996 predstavujú len inventúru súčasného stavu najdôležitejších vlastností pôd, majú už dnes veľký význam práve svojou jednotnosťou, ucelenosťou a výberom štandardných metód, ktorými boli získané.

Veríme, že tieto informácie budú používateľmi interpretované na podobných zásadách objektivity, aké sme použili pri ich získavaní.

Je to základný faktografický materiál o súčasnom stave našich pôd, od ktorého sa začína vlastný proces sledovania ich zmien - monitorovanie. V budúcnosti sa takéto informácie budú publikovať v pravidelných 5 ročných intervaloch.

Dúfame, že naše údaje už v tomto počiatočnom štádiu prispesjú k racionálnemu využívaniu, zveladovaniu a ochrane pôd i životného prostredia, ale aj k objektívnemu informovaniu verejnosti.

Autori

2. INTRODUCTION

The soil property changes, both in negative and positive sense, as well as soil pollution, caused with various human activities, have been running for very long time, however most intensively since beginning of industrial development, connected with burning fossil fuels, and since modern agriculture beginning that has been using agro - chemicals and modern machinery when cultivating soils. These processes escalation has been in recent decades as much intensive that it in immense areas is risky and it visibly has been destroying most sensitive - biological components of landscape, negatively impacts population health conditions and in changeable rate soils, respectively. On the other hand however, mentioned processes escalation has been securing, both population nutrition and well being. Soil property changes most have been running slower, however they have persistent character and are very difficulty improvable.

Therefore besides environment changes monitoring, soil monitoring is becoming obvious part of every developed country management. In our country such monitoring system started to be formed based on Slovak Republic Government resolution n. 620 of September 7, 1993. Environmental monitoring includes 13 partial monitoring systems, of them one is focused on soils.

Soil - more concretely, soil cover has in environment monitoring significant role, with two aspects, at least. Like inconspicuous component, for food and raw materials production, and as a component with huge regulatory and detoxication potential, respectively. In the partial soil monitoring are respected both mentioned views.

Soil monitoring objective is to offer objective information on status and development of this significant component of environment. Data that are first time presented for public, come directly from determinations and soil properties measurements in net of soil profiles and selected fields (productive plots) distributed in whole Slovak Republic territory.

In spite of the fact that data presented for period 1992 - 1996 introduce only present most important soil characteristic inventory, today they have great importance just for their uniformity, complexity and choice of standard methods, by help of it they were obtained.

We believe, these data will be interpreted by users by the same similar objectively principles that were used by us, when obtaining the data.

This is basic factographical material on our soil present conditions, from there is starting proper process of their changes observation - monitoring. In the future such information will be published in regular 5 year intervals.

We hope, our data already in this starting stage will contribute to rational soil and environment use, improvement and conservation, as well as to objective information of publicity.

Authors

3. CIELE, PRINCÍPY A ŠTRUKTÚRA ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU - PÔDA

V návrhu pre uznesenie vlády SR, na základe ktorého sa začal tvoriť monitoring životného prostredia, sa za takúto činnosť považuje „v priestore a v čase definované pozorovanie určených atribútov zložiek životného prostredia, alebo vplyvov naň pôsobiacich“ (MŽP SR, 1993). Cieľom je teda objektívne poznanie vlastností životného prostredia a jeho vývojových zmien, aby bolo možné realizovať príslušné opatrenia pre jeho ochranu ale aj zlepšenie. Uvedené platí rovnako aj pre čiastkový monitoring venovaný pôdam.

Cieľom monitoringu poľnohospodárskych pôd a lesných pôd, je najmä sledovanie vývoja tých vlastností, ktoré sú rozhodujúce z hľadiska úrodnosti pôd, z hľadiska ekologických (tzv. neprodukčných) funkcií pôd a s rovnakou mierou dôležitosti aj sledovanie ich kontaminácie rizikovými látkami z hľadiska možného vstupu týchto látok z pôd do potravinového reťazca.

V kontexte zámerov medzinárodného programu hodnotenia zdravotného stavu lesov (ICP Forests) je sledovanie a dokumentácia priebehu zmien tých vlastností pôd, ktoré určujú ich senzitivitu k pôsobeniu emisií, ako aj vyhodnotenie väzieb medzi pôdnymi vlastnosťami a stavom drevinovej zložky lesa, s cieľom prispieť k objasneniu súvislostí poškodzovania lesov imisiami.

3.1 OBJEKT MONITORINGU PÔD

Objektom monitoringu pôd je celý pôdny kryt (pôdny fond) SR, t.j. poľnohospodárske a lesné pôdy, ako aj pôdy nad hornou hranicou lesa. Poľnohospodárske pôdy sú monitorované na všetkých druhoch pozemkov (na všetkých kultúrach využívania), s výnimkou záhrad v intravilánoch obcí. Príčinou je veľká heterogenita pôd v kultúre „záhrady“, zlá prístupnosť i skutočnosť, že doteraz neboli predmetom žiadneho prieskumu pôd. Výnimkou sú aj ostatné, tzv. „urbánne“ pôdy, evidované v pozemkovom katastri ako „ostatné pôdy“ a časť „zastavaných plôch a nádvorí“, kde patria parky, ihriská, voľné plochy v okolí závodov a pod. Experimentálne výsledky prieskumu kontaminácie týchto pôd však ukazujú, že v mnohých prípadoch sa jedná o pôdy najviac zaťažené rizikovými látkami, preto by sa už v budúcom cykle mali stať tiež objektom monitoringu.

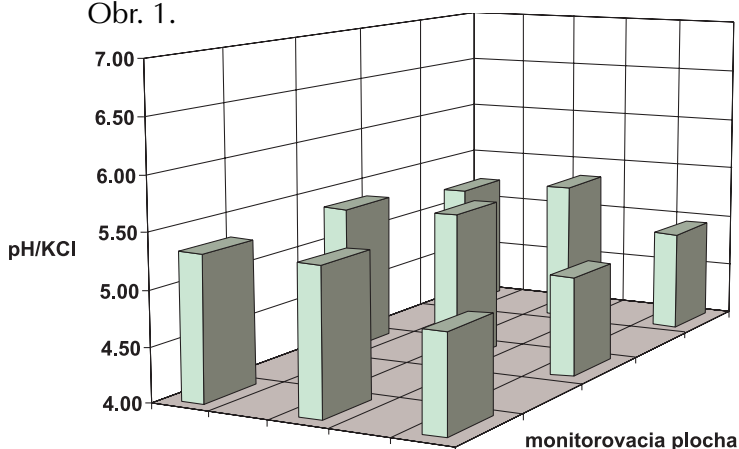
3.2 PRINCÍPY SPRÁVANIA SA PÔD V ČASE A PRIESTOROVÁ VARIABILITA PÔDNEHO KRYTU

Objektom monitoringu je pôdny kryt predstavovaný prirodzenými pôdnymi jednotkami - pôdami, ktoré majú rôznu veľkosť a tvar (od niekoľkých m² až po niekoľko sto hektárov), pričom vlastnosti jednotlivých pôd nie sú homogénne, ale majú vždy určitú variabilitu (obr. 1).

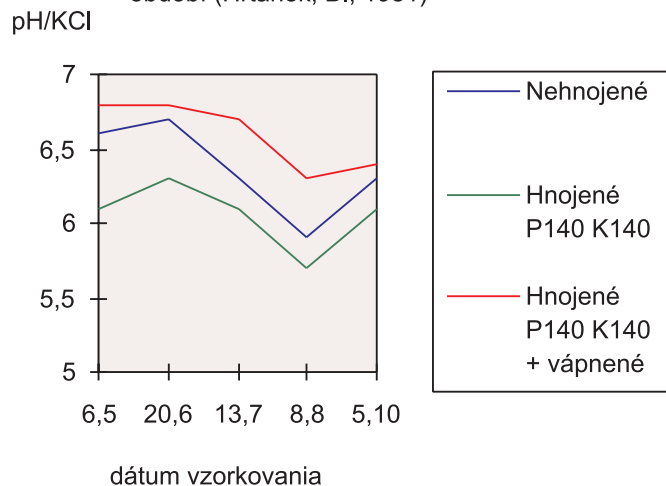
Individuálne pôdne jednotky sú otvorené dynamické systémy a sú výsledkom veľmi dlhého vývoja - genézy pôd. Nachádzajú sa v stave dynamickej rovnováhy so súčasným stavom pôsobenia aktívnych zložiek ich okolia ktorými sú:

klíma, vegetácia, ľudský činiteľ a jeho vplyvy, a na veľkej časti územia aj podzemná voda. Okrem toho sú v rovnováhe aj s pôsobením prevažne pasívnych zložiek, ktorými sú geologický pôdotvorný substrát a reliéf.

Obr. 1.



Obr. 2
Dynamika pH/KCl pseudogleja vo vegetačnom období (Hrtánek, B., 1981)



Dynamická rovnováha jednotlivých pôd s ich okolím sa prejavuje zmenami stavov, t.j. parametrov vlastností, ktoré v danom časovom okamžiku zisťujeme. Zmeny stavov vlastností pôd majú rôzny charakter priebehu. Buď sú jednoznačne nevratné, napr. pri kumulatívnej kontaminácii pôd, pri erózii pôd, alebo môžu byť aj vratné, aj dlhodobo nevratné,

napr. zmeny teploty a vlhkosti pôdy, zmeny pôdnej reakcie, objemovej hmotnosti a iné (obr. 2). Ak sú takéto zmeny vratné, alebo neprekračujú hranice prípustných stavov, je konkrétna pôdna jednotka v dynamickej rovnováhe s okolím.

Takéto zmeny vlastností pôd zatiaľ nie sú predmetom systematického sledovania a na celom území ich za súčasného finančného zabezpečenia monitoringu nie je ani možné sledovať.

Ak sa hranice priestoru prípustných stavov pôdneho systému v niektorých z parametrov prekročia, dochádza k ich nevratným (resp. dlhodobu nevratným) zmenám a k prechodu do iného rovnovážneho stavu, ktorý môže mať niekedy taký výrazný prejav, že hovoríme až o deštrukcii pôvodnej pôdy. Napríklad pri intenzívnej erózii, alebo pri antropogénnej, či prírodnej devastácii (pri zosunoch a podobne). Takéto zmeny sú predmetom monitoringu pôd. Monitoring pôd sleduje už tendenciu k nevratným zmenám vlastností pôd, ale rovnako aj stabilitu parametrov pôdnych vlastností. Dôkazy tendencie týchto zmien, resp. stability, sa v monitoringu pôd realizujú aj so zohľadnením priestorovej variability parametrov pôdnych vlastností tak, aby sa ich rozdiely v priestore nezamieňali za nevratné vývojové zmeny v čase, čím by sa vytvárali neobjektívne informácie o vývoji pôd.

Záverom treba zdôrazniť, že informácie o stabilite parametrov určitých vlastností pôd, majú pre hodnotenie stavu životného prostredia i jednotlivé aktivity na pôdach rovnako veľký celospoločenský význam, ako informácie o zmenách vlastností pôd, s tým rozdielom, že informácie o stabilite parametrov pôdnych vlastností sú pre nás všetkých väčšinou priaznivejšie.

3.3 PRINCÍPY MONITORINGU PÔD

Monitoring pôd má, ako je to uvedené v jeho cieľoch, sledovať a zaznamenávať zmeny stavov, resp. stabilitu vlastností celého pôdneho krytu SR a jeho častí. Pretože pôdny kryt je v priestore veľmi zložitý, jeho monitorovací systém môže byť len výrazne zjednodušeným systémom. Pri takomto zjednodušení platia všeobecné princípy modelovania. Ak má model, v našom prípade systém monitorovania pôd, zobrazovať originál, t.j. pôdny kryt z hľadiska zmien jeho stavov, musí ho zobrazovať aj z hľadiska jeho stavby, aj z hľadiska väzieb a vzťahov k ostatným zložkám okolia, aj z hľadiska všetkých významných vplyvov, ktoré na pôdy v rámci SR pôsobia.

Monitorovací systém, ako model originálu - pôdneho krytu, je preto realizovaný účelovo zjednodušenou množinou pôdnych profilov v pravidelnej, resp. približne

rovnomernej sieti na celom území SR so zaznamenávaním a vyhodnocovaním zmien stavov vlastností v týchto profiloch, v pravidelných intervaloch (5 rokov a v typických lokalitách 1 rok). Aby tento systém mohol sledovať podstatné vplyvy prostredia na pôdy na celom území SR, je založený na sieti monitorovacích lokalít, na ktorých sú umiestnené pedologické sondy, reprezentujúce všetky, najviac zastúpené pôdne subtypy, všetky spôsoby ich využívania, ďalej reprezentujú ich výskyt v hlavných klimatických regiónoch a vo všetkých územiach hlavných typov kontaminácie.

Záznamy o zistených parametroch pôdných vlastností sú uložené v časových radoch v báze dát informačného systému monitoringu. Monitorovací systém neznamenáva zmeny stavov pôdných vlastností s časovými intervalmi periodicity kratšími ako 1 rok, pretože, ako sme uviedli vyššie, nie je to jeho cieľom. (Monitorovacie systémy zaznamenávajúce krátkodobé vratné zmeny parametrov - tzv. režimy pôd by mali byť súčasťou riadenia technologických procesov na pôdach).

Vyhodnotením časových radov pôdných vlastností použitím matematicko-štatistických metód (prevažne metód testovania rozdielov priemerných hodnôt a variability) sa potom zistí preukaznosť zmien, resp. stabilita pôdných vlastností medzi monitorovanými obdobiami.

Reprezentatívnosť a objektivita monitorovacej siete je zo štatistického hľadiska podmienená jej hustotou a usporiadaním v priestore. Z tohto hľadiska sa jedná o štatistický výber obmedzený určenými finančnými nákladmi, aj organizačnými možnosťami monitoringu. Približne rovnomerne hustá sieť sond v rámci poľnohospodárskych pôd a pravidelná štvorcová sieť v rámci lesných pôd (mapa 1 a 2) sú však dostatočné preto, aby sa splnili všetky ciele monitoringu pôd.

Takýto systém samozrejme nemôže zaznamenávať všetky lokálne - maloplošné zmeny v pôdnom kryte SR (lokálne havárie, deštrukcie pôd eróziou, alebo zosunmi a pod.). K zaznamenávaniu podobných zmien slúžia iné čiastkové systémy monitoringu životného prostredia a činnosť orgánov štátnej správy s ich informačným systémom podľa príslušnej legislatívy ochrany pôd a životného prostredia.

3.4 ŠTANDARDIZÁCIA MONITORINGU PÔD

Samozrejmom podmienkou trvalého fungovania monitoringu pôd je dôkladná šandardizácia jeho činností a chemických a fyzikálnych analýz tak, aby sa aj v budúcnosti zachovala jeho metodická kontinuita. To je jedna zo základných technických podmienok monitoringu pôd, bez ktorej by tento nemohol splniť stanovené ciele.

Štandardizácia monitoringu pôd preto predstavuje:

- trvalú základnú sieť monitorovacích lokalít s geodetickým zameraním súradníc ich stredu,
- štandardný odber, hĺbku, spracovanie a archiváciu pôdnych vzoriek,
- štandardný súbor sledovaných vlastností pôd, ktoré sa v odôvodnených prípadoch môžu rozširovať, napr. sledovanie obsahu ďalších stopových prvkov a iných vlastností pôd,
- štandardizáciu výberu a metód analýz chemických, fyzikálnych a chemicko - fyzikálnych vlastností pôd a kontrolný systém kvality vykonávaných analýz,
- štandardný popis identifikácie monitorovacích lokalít a použitých pedologických klasifikačných systémov pôd a ich vlastností,
- štandardizovanú archiváciu údajov v báze dát,
- archiváciu pôdnych vzoriek.

3.5 SUBSYSTÉMY MONITORINGU PÔD

Monitoring pôd je v súčasnosti z metodického a organizačného hľadiska realizovaný pomocou troch subsystémov:

1. Monitoring pôd v základnej sieti monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych a lesných pôdach. Vykonáva ho Výskumný ústav pôdnej úrodnosti a Lesoprojekt, od roku 1996 Lesnícky výskumný ústav a slúži pre trvalé monitorovanie najdôležitejších vlastností pôd na celom území SR v 5-ročných intervaloch.
2. Plošný prieskum kontaminácie poľnohospodárskych pôd. Vykonáva ho Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky. V roku 1995 skončil prvý 5-ročný cyklus prieskumu, ktorý prebieha v rovnakom období spolu s agrochemickým skúšaním pôd na vybraných výrobných parcelách - honoch poľnohospodárskych pôd v katastrálnych územiach obcí SR. V ďalšom období bude pokračovať v podrobnejšom prieskume tých katastrálnych území obcí, v ktorých sa zistila kontaminácia pôd.
3. Monitoring pôd vo vybraných typických „kľúčových“ lokalitách. Slúži pre podrobnejšie sledovanie vývoja pôdnych vlastností, aj so zohľadnením priestorovej (v niektorých prípadoch aj sezónnej) variability parametrov týchto vlastností. Prebieha v ročných intervaloch. Slúži aj pre overovanie nových doplnkových metód monitorovania pôd a riešenie problémov korelácie zmien pôdnych vlastností, so zmenami vlastností ostatných zložiek životného prostredia (overujú sa napr. metódy zisťovania mobilných foriem stopových prvkov, kvality humusu, fyzikálnych vlastností). V prvej etape monitoringu pôd: 1992 - 1996 ho realizoval len Výskumný ústav pôdnej úrodnosti na poľnohospodárskych pôdach.

3.6 ARCHÍV PÔDNYCH VZORIEK

Je významnou súčasťou monitoringu pôd a slúži pre dopĺňovanie analýz v budúcnosti, napr. rozširovanie počtu analýz stopových prvkov, porovnávanie nových analytických metód pre kontrolné analýzy a pre výskumné účely významovo viazané na monitoring. Vzorky pôdy sa archivujú v štandardnej forme v sklenených prachovniciach (poľnohospodárske pôdy), resp. v bakelitových kontajneroch (lesné pôdy) vo Výskumnom ústave pôdnej úrodnosti a v Lesoprojekte. Vzorky z plošného prieskumu kontaminácie pôd sa doteraz nearchivovali.

3. AIMS, PRINCIPLES AND STRUCTURE OF THE PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL

The main aim of the Partial monitoring system - Soil „as a part of Environment monitoring of Slovakia“ is monitoring of soil contamination as well as soil properties which are important from soil fertility and other environmental functions point of view.

Besides, the monitoring of forest soils is a part of „International cooperative programme on forests health evaluation - ICP Forests“.

There are monitored only irreversible soil properties changes in Slovakia. The reversible soil properties changes, so - called soil regimes are not registered.

The object of monitoring system includes all soil cover of Slovakia (agricultural and forest soils as well as the soils in highland).

So - called urban soils in municipal and plant areas are not monitored.

Soil monitoring system in Slovakia consists of 3 subsystems:

- 1 - the basic network of monitoring sites (650) at 5 years regular intervals.
- 2 - the key monitoring sites (21) at 1 years regular intervals.
- 3 - the area soil of soil contamination survey which has been realised on 19 257 agricultural plots.

There are standardised in monitoring system as follows: the sites of monitoring network, the depth of sampling, pedological characteristics of sites, analytical methods, database and archives of soil samples.

Fig. 1: Example of pH spatial variability in the monitoring site area (314 m²)

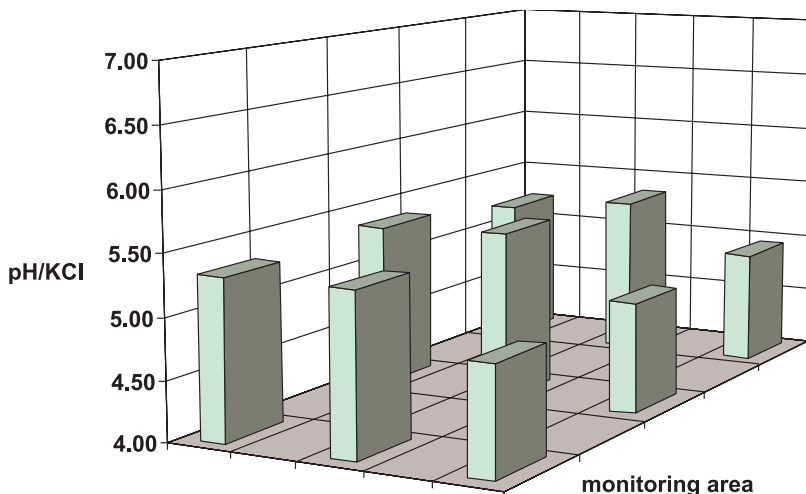
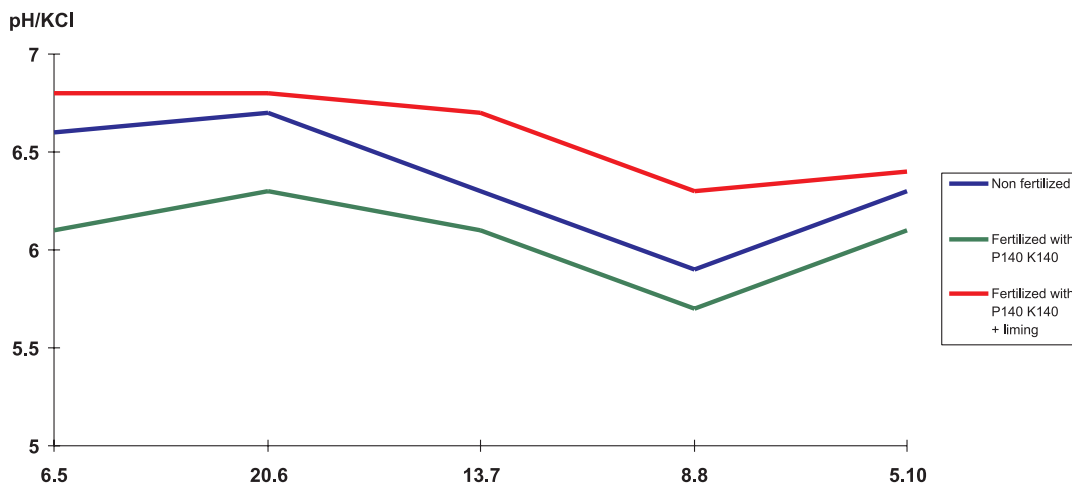


Fig. 2: Example of pH dynamics in Pseudogley during vegetation period



4. METÓDY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU - PÔDA

4.1 MONITOROVACIA SIĚŤ

Základná monitorovacia sieť Slovenska má na poľnohospodárskych pôdach, lesných pôdach a pôdach nad hornou hranicou lesa spolu 650 lokalít.

Určeniu základnej siete lokalít v oblasti poľnohospodárskych pôd predchádzal tzv. prieskum hygienického stavu pôd (r. 1990 - 1991), v rámci ktorého sa použilo 724 sond.

V plošnom prieskume kontaminácie pôd sa postupne za 5-ročné obdobie (1991 -1995) získali údaje z 19 257 výrobných honov. Sieť ich rozmiestnenia je geometricky nepravidelná, čo vyplýva z charakteru tohto prieskumu s cieľom charakterizovať stav kontaminácie výrobných honov, ktoré majú rôzny tvar, veľkosť a orientáciu v krajine.

4.1.1 ZÁKLADNÁ SIĚŤ

Poľnohospodárske pôdy a pôdy nad hornou hranicou lesa

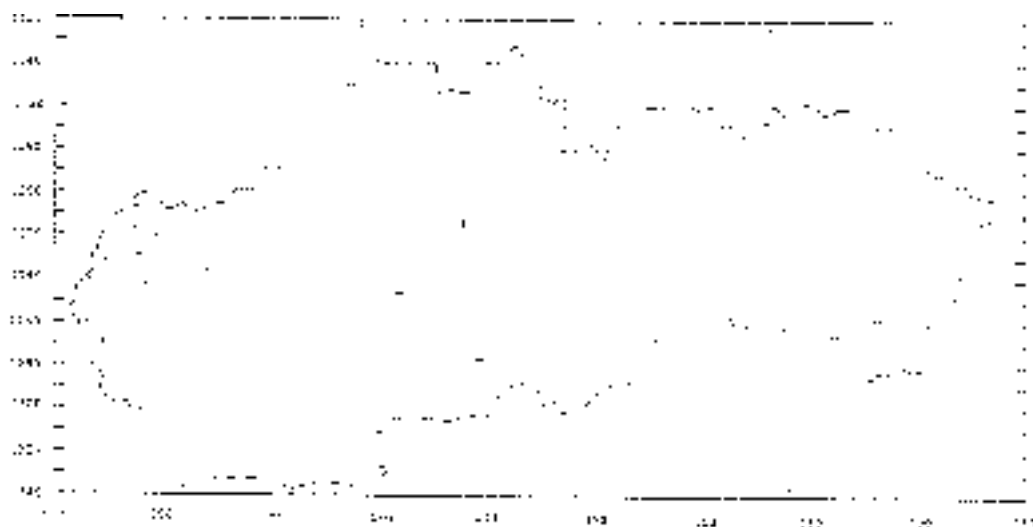
Monitorovacie lokality sú zvolené tak, že zohľadňujú rozhodujúce klimatické oblasti územia Slovenska, ako aj kultúry využívania pôd. Ďalej charakterizujú

hlavné pôdne subtypy, najvýznamnejšie emisné oblasti, aj relatívne „čisté“ oblasti, najvýznamnejšie chránené územia, vodohospodársky významné oblasti, plochy výrazne postihnuté eróziou, ako aj pôdy s aktuálnym procesom zasolenia. Výsledkom takéhoto princípu výberu je sieť monitorovacích lokalít s približne rovnomernou hustotou (mapa 1), ktorá má 312 sond.

Pri výbere sa používal princíp reprezentatívnosti. Extrémne lokality s veľmi malou výmerou sa vo väčšine prípadov nebrali do úvahy.

Mapa 1: Sieť monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych pôdach

Map 1: Agricultural soils monitoring network

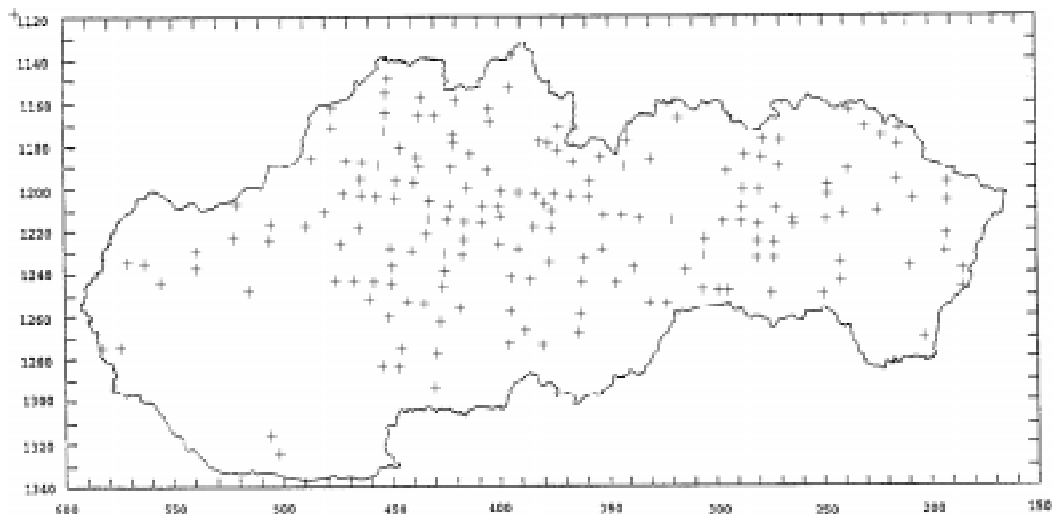


4.1.2 LESNÉ PÔDY

Monitorovacie lokality v oblasti lesných pôd sa nachádzajú v pravidelnej základnej sieti 8 x 8 km, a tá je zároveň súčasťou siete 16 x 16 km, ktorá je základňou informácií periodického hodnotenia zdravotného stavu lesov Slovenska a vybraných zložiek lesných ekosystémov, ku ktorým patria aj pôdy. Sieť 16 x 16 km je súčasťou „Medzinárodného kooperatívneho programu hodnotenia vplyvu znečisteného ovzdušia na lesy“ (ICP - Forests), v rámci ktorého je koordinovaný aj monitoring lesných pôd (Forest Soil Coordinating Centre). Základná sieť má celkom 338 lokalít (mapa 2).

Mapa 2: Sieť monitorovacích lokalít na lesných pôdach SR

Map 2: Forest soils monitoring network



4.1.3 KLÚČOVÉ MONITOROVACIE LOKALITY

Ich rozmiestnenie je založené na tých istých princípoch, ako výber základnej siete monitorovacích lokalít na poľnohospodárskych pôdach, ale s výrazným zjednodušením. Charakterizujú najrozšírenejšie skupiny pôdnych subtypov v hlavných klimatických regiónoch, ako aj najdôležitejšie regióny kontaminovaných a relatívne „čistejších“ pôd. Je vybraných 21 kľúčových monitorovacích lokalít. Všetky uvedené lokality sa nachádzajú len na poľnohospodárskych pôdach z toho 1 lokalita nad hornou hranicou lesa (Chopok) a 1 lokalita na vrchole Sitna. Prevažná časť z nich je v bezprostrednej blízkosti lokalít monitoringu ovzdušia vo voľnej krajine, ktorý realizuje Slovenský hydrometeorologický ústav. Slúžia pre monitorovanie pôd v 1 ročných intervaloch, aj so zohľadnením malopriestorovej variability parametrov pôd v rámci lokality a pre overovanie nových metód monitorovania pôd.

Charakteristika monitorovacej lokality

Na poľnohospodárskych pôdach je každá monitorovacia lokalita kruhového tvaru o polomere 10 m (plocha 314 m²).

Na lesných pôdach má tiež kruhový tvar, ale plochu 200, 500 a 1 000 m², v závislosti od veku porastu a hustoty drevín (pri mladých porastoch a väčšej hustote drevín je plocha menšia).

Každá monitorovacia plocha je v strede charakterizovaná pedologickou sondou. Stredy monitorovacích lokalít sú geodeticky zamerané a dokumentované súradnicami X, Y v sústave JTSK, s možnosťou konverzie do medzinárodných súradnicových systémov.

Plošný prieskum kontaminácie pôd

Priemerná odberová plocha na 1 vzorku v rámci poľnohospodárskeho podniku je v nížinných oblastiach približne 10 ha a v podhorských oblastiach 8 ha.

4.2 ODBER PÔDNYCH VZORIEK

Odber pôdnych vzoriek v základnej sieti monitoringu pôd. Periodicita odberu 5 rokov.

Polnohospodárske pôdy a pôdy nad hornou hranicou lesa: na každej monitorovacej ploche sa pôdne vzorky odoberajú z pedologickej sondy v hĺbkach: 0 - 0,1 m, 0,20 - 0,30 m, 0,35 - 0,45 m.

Lesné pôdy: na každej monitorovacej ploche v sieti 8 x 8 km sa pôdne vzorky odoberajú z pedologickej sondy v hĺbkach: pokryvný (nadložný) humusový horizont ak jeho hrúbka dovoľuje odber pôdnej vzorky 0 - 0,10 m, 0,20 - 0,30 m, 0,35 - 0,45 m.

Odber fyzikálnych valčekov (100 cm³) sa vykonáva len na orných pôdach v hĺbkach: 1 valček z hĺbky 0 - 0,1 m, 1 valček z hĺbky 0,30 - 0,35 m. V tom prípade, ak je ornica čerstvo zoraná, alebo podmietnutá, vzorka z ornice sa neodoberá.

Pôdne vzorky na chemický rozbor a zrnitosť sa odoberajú s hmotnosťou 5 kg (väčšie množstvo ako 5 kg len zo skeletnatých pôd). Odber vzoriek pre fyzikálne analýzy sa vykonáva v období so stabilizovanými fyzikálnymi vlastnosťami (približne jún až september).

Odber pôdnych vzoriek v kľúčových lokalitách. Periodicita odberu 1 rok (poľnohospodárske pôdy).

Odber pôdnych vzoriek sa uskutočňuje tak, ako v základnej sieti, t.j. v sonde umiestnenej v strede lokality a okrem toho sa uskutočňuje odber 5-tich separátnych vzoriek (bez ich zmiešania) len z povrchového horizontu, z náhodne určených miest plochy monitorovacej lokality, s hmotnosťou 5 kg pre analýzy tých vlastností, u ktorých sa vyhodnocuje aj ich priestorová variabilita. Pre určenie obsahu prijateľného P, K, Ca, Mg podľa metódy Mehlich II., sa časť vzoriek z 5-tich miest lokality zosype

a analyzuje ako zmesná vzorka, aby bol odber vzoriek zhodný s postupom v agrochemickom skúšaní pôd, s ktorým sa tieto výsledky porovnávajú.

Odber fyzikálnych valčekov (100 cm^3) sa vykonáva len z ornice a podornice z hĺbky 0 - 0,10 m a 0,30 - 0,35 cm, z 5-tich náhodne určených miest plochy monitorovacej lokality, ktoré sú zhodné s miestami odberov ostatných vzoriek. Ak je lokalita čerstvo zoraná, alebo podmietnutá, vzorky do fyzikálnych valčekov sa neodoberajú.

Špeciálny odber pôdných vzoriek do oceľových valcov z hĺbok po 50 mm sa uskutočňuje len na lokalitách pre monitorovanie erózie - pre stanovenie vertikálneho priebehu aktivity ^{137}Cs (3 lokality so vzorkami v radoch pôdných sond po spádnicí).

Pôdne vzorky z kľúčových lokalít sa odoberajú od roku 1994 každý rok.

Odber vzoriek rastlín - odoberá sa rastlinná vzorka o váhe cca 0,2 kg, ako priemerná vzorka na mieste sondy (odbery a analýzy rastlín majú pre monitoring pôd len orientačný význam - viď. kapitolu 4).

Odber pôdných vzoriek v rámci plošného prieskumu kontaminácie pôd

Odber pôdných vzoriek sa vykonáva v rámci celoštátneho agrochemického skúšania pôd len z orníc, resp. z humusového horizontu poľnohospodárskych pôd a vybrané vzorky tohto skúšania pôd sa používajú pre stanovenie obsahu rizikových látok.

Pôdne vzorky sa odoberajú sondovacími tyčami a jedna priemerná vzorka pozostáva zo zosypu minimálne z 30-tich vpichov.

Hmotnosť zeminy pre 1 vzorku sa líši podľa počtu vzoriek odobratých z jedného honu:

- 1 vzorka z honu 500 g
- 2 vzorky z honu po 400 g
- 3 vzorky z honu po 300 g
- 4 vzorky a viac z honu po 250 g.

Pôdne vzorky z honov s menšou výmerou ako 50 ha sa zosypú do jednej vzorky. Pri väčších honoch sa zosypávajú pôdne vzorky do vzoriek z jednotlivých častí honu podľa jeho veľkosti a tvaru. Na honoch s väčšou výmerou sa tak získavajú 2 a viac zmesných vzoriek (ÚKSÚP, 1989).

4.3 VÝBER MONITOROVANÝCH VLASTNOSTÍ PŮD A PREHLAD POUŽÍVANÝCH METÓD

Základné a referenčné vlastnosti pôd (všetky analýzy sa uskutočňujú v zemine s priemerom zrna pod 2 mm, tzv. jemnozeme).

Tieto vlastnosti slúžia pre pedologickú klasifikáciu profilov pôd monitorovaných lokalít základnej siete, ako referenčné údaje pre porovnatelnosť monitorovaných vlastností pôd a pre interpretácie získaných údajov. Zisťujú a stanovujú sa jednorázovo vo všetkých hĺbkach odberu vzoriek, vrátane pôdotvorného substrátu. (V plošnom prieskume kontaminácie pôd sa tieto vlastnosti nestanovujú).

Vlastnosti v poľnohospodárskych a lesných pôdach:

- označenie a hrúbka pôdnych horizontov,
- morfológický popis pôdnych horizontov (farba, štruktúra, konzistencia, obsah skeletu, novotvary), podľa FAO/OSN systému, 1990 a Morfogenetického klasifikačného systému pôd ČSFR, Hraško et al., 1991, s použitím klasifikačného systému farieb podľa Munsella,
- zrnitosť [pipetovacia metóda po dispergácii zeminy (NaPO_3)₆ a Na_2CO_3]
- kationová výmenná kapacita (CEC) a suma bázických kationov (bázické kationy a výmenný H^+) vytesnením 0,1M BaCl_2 .

Monitorované vlastnosti pôd

Analýzy sa vykonávajú zo zeminy s priemerom zrna pod 2 mm (tzv. jemnozeme I.), len obsah humusu, obsah uhličitanov a celkový obsah rizikových prvkov zo zeminy s priemerom zrna pod 0,2 mm (tzv. jemnozeme II.) s dodatočnou úpravou vzorky pre mikrovlnný rozklad rozotretím na achátovej miske a preosiatím cez sito s okom pod 0,125 mm (úprava vyplýva z malej návažky pre analýzu). Príprava vzoriek je v súlade s najzaužívanejšími metodikami v SR a v Európe.

Predmetom monitorovania sú tie pôdne vlastnosti, u ktorých je predpoklad vývojových zmien súvisiacich s degradačnými, resp. regradnými procesmi, ako sú: kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia pôd, zmeny v obsahu a kvalite humusu a obsahu prístupných živín, vývoj erózie pôd, zmeny fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností pôd, prípadne zmeny ďalších vlastností:

Vlastnosti:

- celkový obsah stopových rizikových prvkov v pôdach. Mikrovlnný rozklad zeminy zmesou $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (CEM app. Note OS-14). Stanovenie Cd, Cr, Co, Pb,

- Cu, Ni, Zn plameňovou AAS metódou. As, Se - metóda AAS - hydridová technika. Hg celkový obsah, osobitne analyzátorom TMA-254, priamo zo vzorky;
- celková S a organická S - analyzátorom LECO SC 132, anorganická síra výpočtom (len v lesných pôdach);
 - obsah stopových rizikových prvkov Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Ni, Zn v pôdach vo výluhu 2M HNO₃ za studena, 2 hod. extrakcia (Kozák, J., Bílková, H. 1986). Pre As vo výluhu 2M HCl (ÚKSÚP, 1992). Stanovenie ako u celkového obsahu prvkov.
 - obsah vodorozpustného F v pôdach: ionselektívnou elektródou (metóda Larsen a Widdows, 1971 modifikácia ÚKSÚP, 1985);
 - obsah mobilných a mobilizovateľných foriem stopových rizikových prvkov v pôdach: Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Co: A;
 - AS vo výluhu 0,05M EDTA. PH = 7. Na experimentálnom súbore pôd selektívnou sekvenčnou extrakciou súborom vyluhovadiel (metóda Zeien, H., Brummer G.W., 1989). Stanovenie ako u celkového obsahu.
 - obsah Cr⁶⁺ v pôdach: na experimentálnom súbore pôd vo výluhu 1 % NaNO₃ (1 : 10, extrakcia 16 hod.), polarograficky, v základnom elektrolyte DTPA - CH₃COONa-NaNO₃;
 - organické kontaminanty: polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU) - suma a jednotlivé zložky podľa EPA, extrakciou organického podielu pôdy zmesou acetón : hexán (1:2) so stanovenou technikou GC-MSD;
 - polychlórované bifenyly (PCB): suma, po extrakcii acetón - hexán 1:1, metódou GC-SD, GC-ECD,
 - nepolárne extrahovateľné látky (NEL), po extrakcii s ledónom infračervenou spektrometriou.
 - pôdna reakcia: pH/KCl (0,2M KCl, 1:2,5), pH/CaCl₂ (0,01M CaCl₂, 1:5), elektrometricky pH-metrom, pH/H₂O (1:2,5), lesné pôdy (1:2,5, aj 1:5);
 - jednotlivé výmenné kationy: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ v 1M CH₃COONH₄ 1:10. Výmenný H⁺ titráciou HCl po vytiesnení výmenných kationov BaCl₂;
 - obsah uhličitanov (volumetricky s 10 % HCl);
 - obsah a kvalita humusu: obsah humusu ako C_{ox} x 1,724 (mokrým spôsobom K₂CrO₇ + H₂SO₄ metóda Ľurin, v modifikácii Nikitin, 1972), frakcionácia humusu (metóda Kononovej a Belčikovej 1961), farebný kvocient Q 4/6, pomer optických hustôt roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 400 a 600 nm, zastúpenie C, H, N, O v atómových %, ¹³C NMR analýza humínových kyselín s určením % aromatického a % alifatického uhlíka, stanovenie karboxylovej kyslosti humínových kyselín potenciometrickou titráciou do pH 9,6 (Schnitzer, Gupta 1965), E^{1%}_{1cm} - stupeň humifikácie podľa Kumadu, 1987. Výpočet z optickej hustoty 0,1 M NaOH roztoku humínových kyselín pri vlnovej dĺžke 600 nm podľa humínových kyselín, pri vlnovej dĺžke 600 nm;

- celkový N (v poľnohospodárskych pôdach podľa Kjeldahla, v lesných pôdach analyzátorom LECO FP 228);
- obsah živín: prijateľný P (podľa Égnera a Mehlicha II.), prijateľný K (podľa Schachtschabela a Mehlicha II.), prijateľný Mg a Ca (podľa Mehlicha II.);
- erózia pôd: pomocou aktivity izotopu ^{137}Cs ako značkovacieho prvku vo vertikálnom priebehu (stanovenie gamaspektrometricky) len vo vybraných toposekvenenciách (v radoch sond po spádnici);
- fyzikálne vlastnosti a pôdna štruktúra: objemová hmotnosť, pórovitosť, celková, kapilárna, semikapilárna a nekapilárna, maximálna kapilárna vodná kapacita, retenčná vodná kapacita, gravimetricky v 100 cm^3 (Kopeckého) valčekoch, makroštruktúra preosievaním za sucha a za mokra (vodoodolnosť), mikroštruktúra pipetovacou metódou, uľahnutosť - penetrometricky (penetrometer Eijkelkamp), infiltračná schopnosť pôdy priamym meraním v teréne;
- salinizácia pôd: analýzy (obsah kationov a aniónov) v pôdnom roztoku z nasýtenej pôdnej pasty a merná vodivosť, a tiež vo vodnom výluhu (1 : 10) a merná vodivosť;
- obsah stopových rizikových prvkov v rastlinách: mineralizácia rastlinného materiálu $\text{NH}_3 + \text{O}_2$ pri teplote $300 - 400^\circ\text{C}$ (prístroj APION). Popoloviny sa rozpúšťajú v 3M HCl . Analytická koncovka AAS, polarograf. Hg AAS - AMA 254 bez chemickej úpravy vzorky.

4.4 VÝVOJ VLASTNOSTÍ PÔD ZA POSLEDNÝCH 25 AŽ 30 ROKOV

Trvalé zmeny parametrov monitorovaných pôdných vlastností sa v prevládajúcej väčšine prípadov dokázateľne (merateľne) prejavia až po dlhšom období. Výnimkou sú len zmeny katastrofického charakteru, ako je extrémna erózia pôd, nanosenie cudzorodého materiálu na pôdy, zosuny pôd, alebo pokles povrchu pôd v miestach banských činností a podobne, ktoré však majú z celoštátneho hľadiska relatívne malý plošný rozsah a význam.

Aby sme už teraz mohli predpokladať vývoj parametrov pôdných vlastností v budúcnosti, využívame k tomu metódu porovnávania paralelne analyzovaných archívnych a súčasných vzoriek. Táto metóda je založená na využití vzoriek pôd, ktoré sa zachovali v archívoch spred 10 až 35 rokov, kedy na Slovensku prebiehal intenzívny prieskum a výskum pôd. Z lokalít, z ktorých pochádzajú archívne vzorky, sa odobrali súčasné vzorky pôd a vykonali sa paralelné analýzy a porovnali medzi sebou. Sieť lokalít, z ktorých sa zachovali archívne vzorky, je žiaľ veľmi riedka, ale

výsledky retrospektívneho monitoringu aj tak poskytujú dôležité informácie o zmenách vlastností pôd za dlhšie obdobie.

Táto metóda sa používa len u poľnohospodárskych pôd Slovenska, pretože len z prieskumov na týchto pôdach sa zachovali archívne vzorky.

THE METHODS OF THE PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL

Soil monitoring network consists of 650 sites, 312 of them are on the agricultural soils and 338 sites are located on the forest soils, 21 typical (key) sites as well as 19 257 agricultural plots. The monitoring site has the radius 10m (314 m²).

The sites of basic network have geodetically measured coordinates. Soils have been sampled in following depths: surface organic layer of forest soils, 0 - 0,1m, 0,2 - 0,3m, 0,35 - 0,45m and the soil parent material (in various depths). Soils from agricultural plots are sampled only in depths 0,1 - 0,3m where 1 - 5 soil samples are mixed from 1 plot.

Analytical methods: particle - size analysis (pipette method), CEC (0,1M BaCl₂), exchangeable cations (ammonium - acetate 1M), Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Ni, Zn, Se, As in total (decomposition by HF+ HNO₃ + HCl), Hg (TMA - 254 analyser), contents of Cd, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn by M HNO₃ extraction, As by 2M HCl extraction and risk trace elements by 0,05 M EDTA extraction (mobile forms), Cr⁺⁶ by polarograph method in DTPA - CH₃ COONa - Ha NO₃ electrolyte, PAH by GC - MSD method, PCB by GC . SD, GC - ECD method, pH (0,2M KCl, 0,01 CaCl₂, H₂O) C_{ox} by Tjurin method (in Nikitin, 1972) and Kononova and Beltchikova method (1961) C, H, N, O elements, ¹³C NMR analyse of humic acids with % of aliphatic C and % of aromatic C, content of carboxyle groups (Schnitzer and Gupta method, 1965), optical density E₆^{1%} according to Kumada, 1987, N in total - Kjeldahl method, available P and K (Egner, Schachtschabel methods), P, K, Ca, Mg (Mehlich II. method), P and K fractional composition (according Scharafat and Bujdoš methods). Erosion has been indicated by activity of ¹³⁷Cs isotope method.

Physical properties were determined (gravimetrically) in 100 cm³ cylinders, soil compaction (penetrometrically by Eijkelkamp gadget), infiltration capacity by measuring in the field, salinization in soil solution from soil paste and in water extract 1:10.

Special monitoring is parallel measuring and comparison of soil properties between old soil samples (30 - 35 yrs old) and present ones. This special monitoring has orientation character because only few of old soil samples were in good preservation.

5. SÚČASNÝ STAV RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV V PÔDACH SLOVENSKA

5.1 FORMY RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV V PÔDACH

Obsah rizikových stopových prvkov v pôdach s vysokým stupňom biotoxicity pre teplokrvné živočíchy a človeka, patrí k najdôležitejším parametrom monitorovania pôd.

Tieto prvky sa vyskytujú v pôdach v rôznych koncentráciách a v rôznych formách. Rôzny je aj ich pôvod a zdroj. Zdôrazňujeme, že rovnako dôležitý je ich vysoký obsah v prirodzených endogénnych geochemických anomáliách, ktoré sú v horských oblastiach Slovenska veľmi časté, ako aj výskyt, ktorý je zapríčinený lokálnym, regionálnym, alebo globálnym vplyvom imisií z rôznych antropogénnych aktivít (priemysel, energetika, kúrenie, doprava, poľnohospodárstvo).

Stopové prvky sú už dlhší čas pozorne monitorované, a to najmä preto, že pôdny kryt, v ktorom sa kumulujú, predstavuje veľmi veľký objem, a tým aj značný potenciálny zdroj ich možného uvoľňovania do biologického kolobehu, resp. do potravinového reťazca.

V monitoringu pôd SR sa sledujú obsahy týchto prvkov: Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Hg, Ni, Co, Se, As, F, a to ich celkový obsah, obsah v 2M HNO₃, v prípade As v 2M HCl a experimentálne aj mobilné a mobilizovateľné formy týchto prvkov. V prípade F sa sleduje len jeho vodorozpustná forma.

Celkový obsah - zahrňuje všetky formy, v ktorých sa určitý prvok v pôde vyskytuje. Predstavuje základnú informáciu o obsahu prvku v pôde. Slúži pre porovnanie s ich obsahom v horninách, pre porovnanie rôznych regiónov medzi sebou, pri určovaní prirodzených pozadových hodnôt, ako aj pre porovnanie s priemernými obsahmi prvkov v zemskej kôre (klarkové¹⁾ obsahy), čo je dôležité z celoštátneho aj z medzinárodného hľadiska.

Pri použití celkových obsahov prvkov z hľadiska posudzovania hygienického stavu (biotoxicity) pôdy, si treba uvedomiť, že len malá časť celkového obsahu sa môže dostať do potravinového reťazca. Preto sú všetky hygienické limity pre túto formu najvyššie.

¹⁾ klark - klarkový obsah, je priemerný obsah prvku vo vrchnej časti zemskej kôry, ktorý sa používa ako všeobecná hodnota pozadia. Jeho hodnoty sú u rôznych autorov rôzne. V tejto práci používame údaje Taylora a McLennana 1985.

Obsah v 2M HNO₃ (u As v 2M HCl), označovaný aj ako potenciálne uvoľniteľný obsah, zahrňuje rôzne frakcie prvkov z hľadiska ich rozpustnosti. V monitoringu pôd SR sa používa výluh 2M HNO₃ (Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni, Co) a výluh 2M HCl (As). Tieto výluhy predstavujú u nás určitý kompromis, pretože v plošnom prieskume kontaminácie pôd sa používajú už od r. 1991 a často sa používali aj vo výskumoch v predchádzajúcom období. Ich použitím sa zachováva kontinuita s predchádzajúcim výskumom a prieskumom. Tieto výluhy umožňujú s dostatočnou citlivosťou zistiť aj minimálne, aj maximálne obsahy u všetkých prvkov v pôdach. Ich použitie je menej náročné z hľadiska nákladov na laboratórne stanovenie (príprava výluhov), v porovnaní s celkovým obsahom a sú uvedené aj v príslušných legislatívnych predpisoch. Sú veľmi vhodné pre mapovanie kontaminácie pôd (umožňujú použiť hustejšiu sondážnu sieť pri nízkych nákladoch).

Mobilné a mobilizovateľné formy: Je to súhrn foriem rizikových prvkov, ktoré majú perspektívne najväčší význam pre posudzovanie hygienického stavu pôd (biotoxicity), pretože zahrňujú len ľahko uvoľniteľné a z veľkej časti rastlinami prijateľné formy. Vzhľadom na rôzne chovanie sa jednotlivých prvkov nie je zatiaľ ani u nás, ani vo svete zaužívaná jednotná štandardná metóda, resp. jeden univerzálny výluh pre stanovenie obsahu týchto foriem rizikových prvkov. Najčastejšie sa rozlišujú mobilné a mobilizovateľné formy. Mobilné formy zahrňujú: vodorozpustné a výmenné – nešpecificky adsorbované formy a ľahko rozpustné komplexné organické zlúčeniny s rizikovými prvkami; mobilizovateľné formy zahrňujú : formy viazané na karbonáty, formy špecificky adsorbované a okludované na povrchu koloidných častíc, ďalej organominerálne komplexy, v ktorých sú rizikové prvky slabo viazané, prípadne ešte frakcie viazané na Mn oxidy a formy organicky viazané (napr. Zeien a Brummer, 1989).

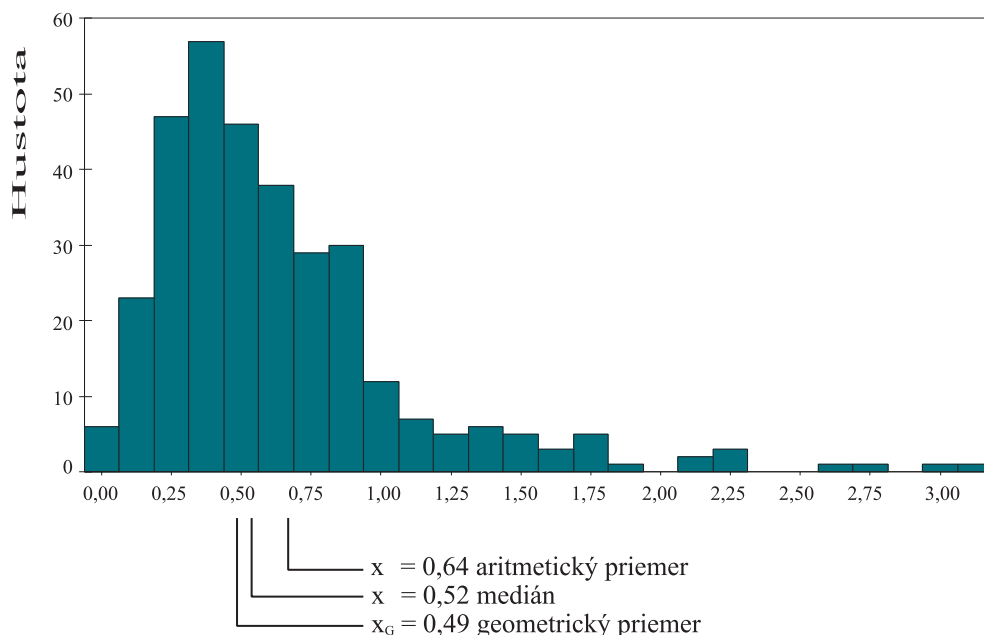
5.2 POZNÁMKA K POUŽITÉMU MATEMATICKO - ŠTATISTICKÉMU HODNOTENIU A K ZOSTAVENIU MÁP

Štatistická charakteristika

Pri charakteristike obsahu rizikových prvkov zo štatistických charakteristík uvádzame ako priemernú hodnotu geometrický priemer, pretože aritmetický priemer je vo všetkých prípadoch ovplyvnený extrémne vysokými, i keď málopočetnými hodnotami, ktoré by však pre tieto účely (charakteristika pôd) nebolo objektívne zo štatistických súborov vyradiť, lebo sú reálnou súčasťou hodnôt nameraných v pôdnom kryte SR.

Predchádzajúcimi analýzami sme zistili, že rozdelenie početnosti obsahu rizikových stopových prvkov v pôdach má vo všetkých prípadoch hodnotenia (za celé územie SR za pôdne typy, aj za lesné, resp. poľnohospodárske pôdy) zreteľnú pravostrannú šikmosť a blíži sa, resp. vyhovuje logaritmicko - normálnemu rozdeleniu. Geometrický priemer, ktorý tu používame, nie je zaťažený extrémnymi hodnotami obsahu stopových prvkov v pôdach a poskytuje objektívnu (typickú) charakteristiku pre takéto súbory (obr. 3).

Obr. 3 Príklady rozdelenia početnosti obsahu rizikových prvkov v pôdach SR
(celkový obsah Cd, A horizont lesných pôd)



Zostavenie máp

Mapy boli zostavené z údajov základnej siete sond a sond z predchádzajúceho prieskumu metódou geoštatistiky.

Pri spracovaní údajov metódou geoštatistiky, bol použitý software vyvinutý Environmental Protection Agency (Englund - Sparks, 1991, Yates - Yates, 1990).

Pre opis priestorovej štruktúry údajov boli použité semivariogramy. Pre všetky zistené semivariogramy sa ukázal ako najvhodnejší exponenciálny model priestorovej závislosti dát. Obsahy rizikových látok v pôdach boli potom vypočítané blokovým krigingom (veľkosť bloku 5 x 5 km), pričom pre výpočet z celkove nepravidelnej

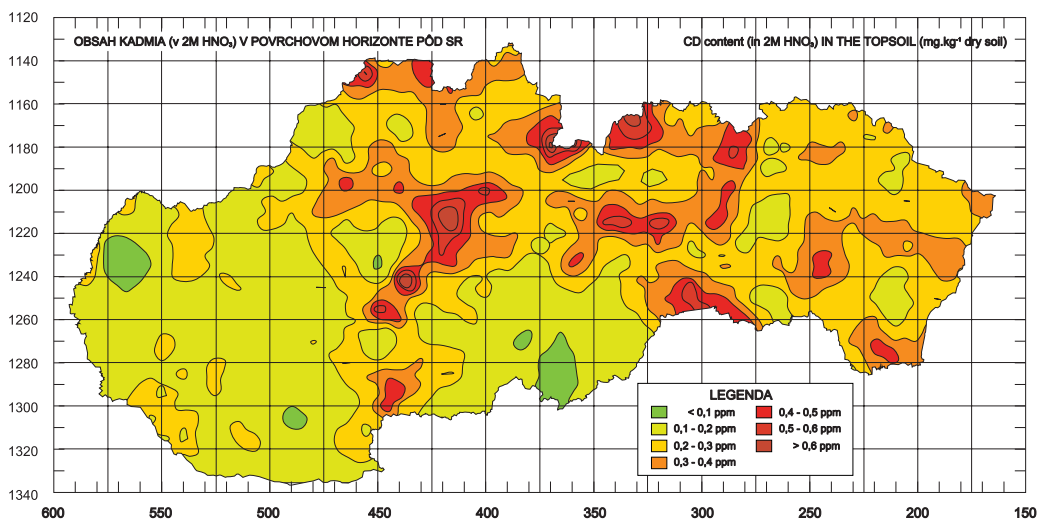
vzorkovacej siete boli využité najbližšie dva vzorkovacie body vo vnútri každého oktantu okolo počítaného bodu (podľa Oleu, 1975). Vzorkovacie body boli vyhľadávané do vzdialenosti 15 km od počítaného bodu. Interpoláciou blokových koncentrácií rizikových stopových prvkov a PAU v pôdach boli vytvorené mapy odstupňovaného obsahu týchto látok v pôdach (mapa 3 až 10 a mapa 13). Mapa 11 bola zostavená matematickou interpoláciou. Mapa 12 bola zostavená z osobitne pripravenej mapy celkovej kontaminácie pôd SR v M 1:500 000 implementáciou GIS. Jednotkami tejto mapy sú kategórie limitných hodnôt obsahu rizikových látok v pôdach (A, B, C limity) bez ohľadu na to, ktorý z prvkov (látok) prekračuje svojim obsahom tieto limity. Pri zostavení tejto mapy sa použila interpolácia odhadom, ale so zohľadnením geomorfologických prvkov a máp obsahu prvkov zo základných prieskumov.

5.3 OBSAH RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV

5.3.1 KADMIUM

Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HNO₃ je 0,3 mg.kg⁻¹, A: pre celkový obsah 0,46 - 0,78 mg.kg⁻¹, B: 5 mg.kg⁻¹, C: 20 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah je 0,10 mg.kg⁻¹.

Mapa 3



Priemerný obsah Cd v povrchových horizontoch poľnohospodárskych, aj lesných pôd je veľmi podobný. Vertikálny priebeh priemerných hodnôt ukazuje na výrazné zvýšenie obsahu Cd v povrchových horizontoch, zrejme ako dlhodobý vplyv

Tab. 1 Obsah kadmia v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hlbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|--------|--------------------|-------|-------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 0,285 | 0,050 | 9,050 | 0,169 | 0,010 | 6,850 | 0,088 | 0,010 | 3,600 |
| 0,20 - 0,30 | 0,183 | 0,050 | 8,500 | 0,110 | 0,010 | 7,925 | – | – | – |
| 0,35 - 0,45 | 0,140 | 0,050 | 9,625 | 0,063 | 0,004 | 12,950 | – | – | – |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 0,491 | 0,008 | 3,113 | 0,239 | 0,010 | 2,330 | – | – | – |
| 0,20 - 0,30 | 0,337 | 0,014 | 3,350 | 0,183 | 0,010 | 2,700 | – | – | – |
| 0,35 - 0,45 | 0,286 | 0,003 | 2,719 | 0,143 | 0,010 | 1,650 | – | – | – |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

imisií a bioakumulácie (príjem koreňovým systémom z hlbších vrstiev a jeho akumulácia z rozložených zvyškov rastlín) a v poľnohospodárskych pôdach, aj z hnojenia superfosfátom. Lokality s maximálnymi hodnotami sa väčšinou zhodujú s anomáliami endogénneho geochemického pôvodu, ktoré boli zistené geochemickým prieskumom (In: Petro, 1993). Anomálie sa vyskytujú vo všetkých jadrových, ako aj vo vulkanických pohoriach SR (veľmi vysoké hodnoty boli zistené napr. južne od B. Štiavnice) a v ich okolí ovplyvnenom transportom zvetralín z týchto pohorí (náplavové kužele, terasy, nivy).

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová požadovaná hodnota) je na území SR vyše 2 násobne vyšší obsah Cd, čo je podobná situácia ako v ČR (Beneš, 1993) a rovnako aj vo väčšine krajín Európy a S. Ameriky (Kabata - Pendias a Pendias, 1992)²⁾. Priemerný obsah v pôdach SR je bežný pre krajiny s veľkým podielom pohorí, kde výskyt endogénnych geochemických anomálií podmieňuje prirodzene vyššie obsahy Cd a navyše sú aj relatívne silne zatažené imisiami. V tejto etape ešte nedokážeme vo všetkých lokalitách presnejšie rozlíšiť podiel záťaže rôznych antropogénnych imisií na kontaminácii pôd od endogénnych geochemických anomálií.

²⁾ Pre všetky ďalej uvedené porovnania s obsahom monitorovaných stopových prvkov v ČR a s inými krajinami Európy a S. Ameriky používame údaje z týchto prác: Beneš, 1993 a Kabata - Pendias a Pendias, 1992. Limitné hodnoty uvádzané pri všetkých prvkoch sú pre SR určené „Rozhodnutím Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994-540“ a sú veľmi podobné holandským ABC limitom (The Dutch ABC limits, 1991) a blízke aj ostatným limitom používaným v Európe.

Súvislý vyšší obsah Cd, najmä v západnej, severnej a severozápadnej časti Slovenska (kde sa nevyskytujú geochemické anomálie) je viditeľne podmienený dlhodobým vplyvom imisií.

5.3.2 OLOVO

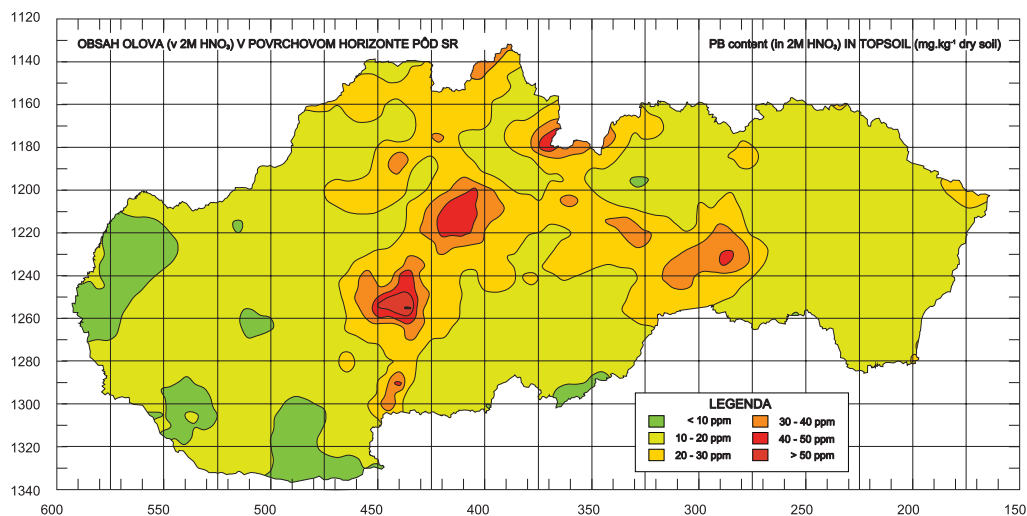
Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HNO₃ je 30,0 mg.kg⁻¹, A pre celkový obsah 56,0 - 85,0 mg.kg⁻¹ B: 150 mg.kg⁻¹, C: 600 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah je 20,0 mg.kg⁻¹.

Tab. 2 Obsah olova v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|---------|-----------------------------|------|---------|--------------------|------|--------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 24,87 | 9,50 | 1050,00 | 14,23 | 3,70 | 649,00 | 3,56 | 0,16 | 268,00 |
| 0,20 - 0,30 | 22,25 | 2,50 | 1075,00 | 10,85 | 0,50 | 820,00 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 18,12 | 4,00 | 1650,00 | 7,51 | 1,20 | 1136,00 | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 40,53 | 9,90 | 342,00 | 23,71 | 1,00 | 232,20 | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 26,51 | 4,50 | 265,30 | 9,66 | 0,10 | 183,90 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 21,96 | 4,30 | 222,90 | 6,37 | 0,20 | 153,60 | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Mapa 4



Priemerný obsah Pb v povrchových horizontoch poľnohospodárskych a lesných pôd je rozdielny. Jeho relatívne vyššie obsahy v lesných pôdach pripisujeme početnejšiemu výskytu endogénnych geochemických anomálií v pohoriach, ale významný podiel má pravdepodobne aj vyššia bioakumulácia v omnoho väčšom obsahu organickej hmoty, ktorá sa vyskytuje v lesných pôdach a Pb je na ňu viazaný. Do značnej miery to potvrdzuje aj jeho profilový priebeh, ktorý v priemerných hodnotách v lesných pôdach, v podpovrchových horizontoch silne klesá.

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová požadovaná hodnota) sú v poľnohospodárskych pôdach SR hodnoty obsahu Pb vyššie o 35 % (tab. 2). V porovnaní so situáciou v ČR je však obsah Pb v našich pôdach nižší a je približne zhodný s priemerom väčšiny krajín Európy a S. Ameriky. Aj keď berieme do úvahy relatívne početný výskyt geochemických anomálií a regiónov zatažených imisiami, patrí územie SR ako celok ku krajinám s priemernými hodnotami obsahu Pb v pôdach.

Z hľadiska priestorovej diferenciácie obsahu Pb na území SR zreteľne vidieť prirodzené endogénne geochemické anomálie, ktoré sa hojne vyskytujú na mnohých miestach vo všetkých vulkanických pohoriach, ďalej v jadrových pohoriach a v ich širokom okolí, kde sú akumulované zvetraliny z týchto pohorí (náplavové kužele, terasy, nivy). Naproti tomu v severnej a severozápadnej časti SR, kde sa geochemické anomálie nevyskytujú, môžeme s určitosťou konštatovať výraznú imisnú záťaž pochádzajúcu zo susedných krajín. Imisná záťaž z našich zdrojov sa na priestorovej diferenciácii obsahu Pb v pôdach samozrejme tiež prejavuje, ale zatiaľ ju v oblastiach s kombinovaným vplyvom nedokážeme rozlíšiť (je to najmä v oblasti stredného a východného Slovenska a v niektorých menších regiónoch).

Poznamenávame, že zo zistenej charakteristiky obsahu Pb v pôdach sa nedá priestorovo vyjadriť a odlíšiť zvýšenie jeho obsahu v okolí frekventovaných komunikácií, pretože namerané hodnoty vo vzdialenosti do 300 m neprevyšujú rozpätie bežnej priestorovej variability pre príslušné pôdne typy. Uvedené konštatovanie však nevylučuje aj tento vplyv (vid. napr. údaje zistené Mocikom, 1986 a inými autormi).

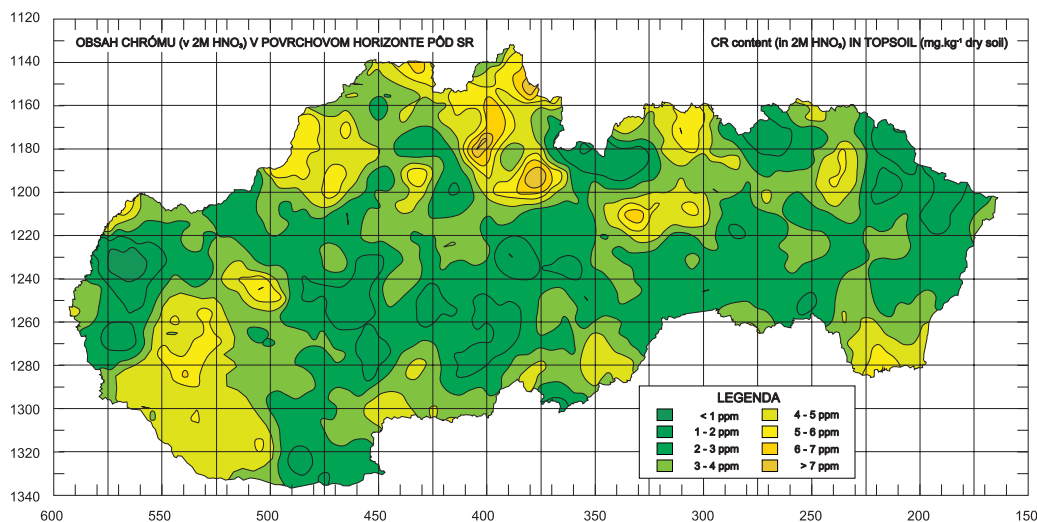
5.3.3 CHRÓM

Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HNO₃ je 10,0 mg.kg⁻¹, A pre celkový obsah 90 - 130 mg.kg⁻¹, B: 250 mg.kg⁻¹, C: 800 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah je 35 mg.kg⁻¹.

Výrazne zvýšené hodnoty nad priemernými hodnotami prirodzeného pozadia svedčia o dlhodobom vplyve imisí, pretože výskyt prirodzených endogénnych

geochemických anomálií je na území Slovenska nepatrný. Profilový priebeh maximálnych hodnôt obsahu Cr tiež svedčí o imisnej záťaži na povrchové pôdne horizonty, ale vidieť z neho aj vplyv zriedkavých anomálií (napr. hĺbka 0,35 - 0,45 m, v okolí Dobšinej, tab. 3).

Mapa 5



Tab. 3 Obsah chrómu v pôdach SR v mg.kg⁻¹ pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------|---------|-----------------------------|-------|--------|--------------------|-------|-------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 72,65 | 10,50 | 170,50 | 2,085 | 0,100 | 43,100 | 0,162 | 0,010 | 2,900 |
| 0,20 - 0,30 | 63,64 | 5,00 | 161,00 | 1,790 | 0,100 | 21,550 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 63,80 | 4,00 | 1112,00 | 1,680 | 0,100 | 7,500 | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 28,67 | 0,008 | 132,50 | 1,602 | 0,010 | 12,230 | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 30,38 | 0,010 | 170,80 | 1,619 | 0,020 | 12,230 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 32,74 | 0,012 | 164,90 | 1,920 | 0,060 | 11,980 | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Rozdiely v obsahu Cr medzi poľnohospodárskymi a lesnými pôdami sú podmienené menším zastúpením lesných pôd v najviac kontaminovaných oblastiach

(Oravská a Liptovská kotlina, Podunajská nížina a pod.). Profilový priebeh priemerných hodnôt obsahu Cr je pomerne vyrovnaný, čo súvisí s jeho nízkou pohyblivosťou v oxidačnom stupni Cr³⁺ (chromity), ktorý v pôdach výrazne prevláda a neumožňuje ani významnejšiu bioakumuláciu (príjem rastlinami je nepatrný).

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová pozadová hodnota) je obsah Cr v poľnohospodárskych pôdach síce približne dvakrát vyšší, ale podobný zvýšený obsah je aj v iných krajinách, najmä kde je v pôdach vyšší podiel ílu.

Na priloženej mape sú viditeľné všetky regióny ovplyvnené imisiami z našich najväčších zdrojov z chemického a metalurgického priemyslu (Dolná Orava - Istebné, stred Podunajskej nížiny - Sereď, Žilina, Martin, okolie Hlohovca), ale aj z iných zdrojov, ktoré v rámci tejto práce ešte nevieme presnejšie určiť (okolie Ružomberka, Lipt. Mikuláša, južnej časti Východoslovenskej nížiny, severnej časti Oravy a Zamaguria).

Obsah Cr⁶⁺ vo vybraných lokalitách SR

V prírodných zlúčeninách, a teda aj v pôdach, sa chróm vyskytuje v oxidačnom stupni Cr³⁺ (chromity) a Cr⁶⁺ (chromany). Z biotoxikologického hľadiska je trojmocný chróm abiogénnym prvkom, naproti tomu šesťmocný chróm je silným oxidačným činidlom s výraznými alergénnymi a karcinogénnymi účinkami. Pre pôdy nie sú zatiaľ určené limitné hodnoty jeho obsahu.

Pretože Cr⁶⁺ je ľahko pohyblivý v kyslých i v zásaditých pôdach a výrazne závisí aj od ich redox potenciálu, vybrali a analyzovali sme podľa týchto predpokladov sériu oglejených pôdnych subtypov s rôznym stupňom oglejenia a obsahom humusu, ako aj pôdu z oblasti Dolnej Oravy (Istebné), ktorá patrí u nás k oblastiam s najvyššou záťažou imisií Cr. Získané údaje sú v tab. 4.

Tab. 4 Obsah Cr⁶⁺ vo vybraných lokalitách SR

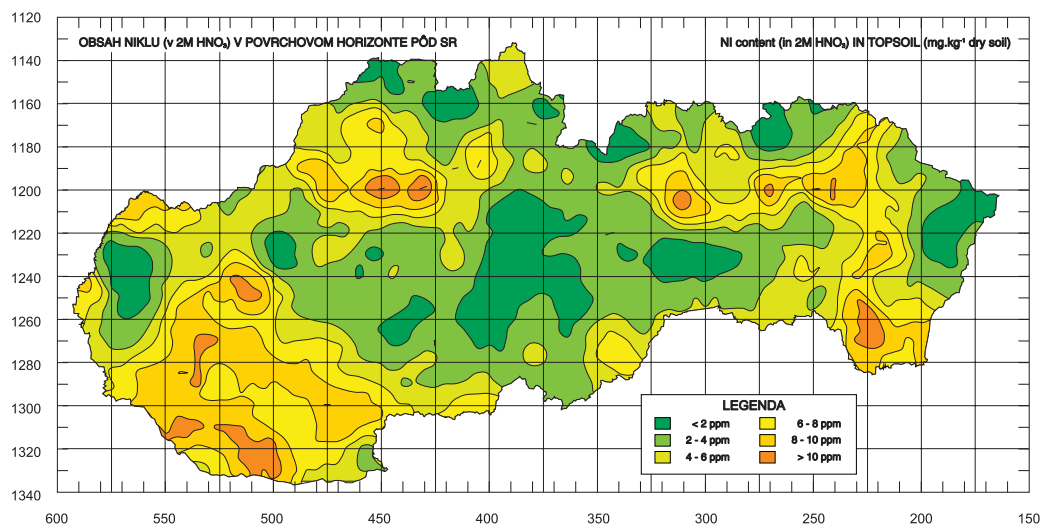
| Lokalita | pôdny subtyp | obsah Cr ⁶⁺ mg.kg ⁻¹ | Cr ⁶⁺ z Cr celk. v % |
|-------------|------------------------|---|------------------------------------|
| Gbeľany | kambizem luvizemná | 0,200 | 0,188 |
| Bobrovec | fluvizem typická | 0,489 | 0,565 |
| Istebné | kambizem pseudoglejová | 1,746 | 1,877 |
| Zakamenné | kambizem pseudoglejová | 0,882 | 0,665 |
| Dolná Krupá | hnedozem typická | 0,187 | 0,190 |
| Smilno | kambizem pseudoglejová | 1,340 | 0,830 |

Z vybraného súboru pôd vidieť veľmi nízke zastúpenie toxického Cr^{6+} z celkového obsahu Cr, ale vplyv imisnej záťaže Cr z metalurgických závodov Dolnej Oravy sa prejavuje aj pri tejto škodlivej forme v jej zvýšenom obsahu.

5.3.4 NIKEL

Limitné hodnoty: A_1 , pre výluh 2M HNO_3 je $10,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, A pre celkový obsah: 15 - 35 mg.kg^{-1} , B: 100 mg.kg^{-1} , C: 500 mg.kg^{-1} . Klarkový obsah je 20 mg.kg^{-1} .

Mapa 6



Tab. 5 Obsah niklu v pôdach SR v mg.kg^{-1} suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------|---------|---------------------------|-------|--------|--------------------|-------|-------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO_3 | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. |
| <i>Polnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 12,790 | 0,250 | 57,500 | 3,215 | 0,200 | 19,110 | 1,039 | 0,110 | 8,600 |
| 0,20 - 0,30 | 10,880 | 0,290 | 92,000 | 2,786 | 0,050 | 15,600 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 10,480 | 0,470 | 80,000 | 2,131 | 0,050 | 12,350 | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 18,297 | 0,200 | 119,900 | 2,065 | 0,010 | 20,930 | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 19,413 | 0,700 | 140,900 | 1,842 | 0,020 | 23,250 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 18,860 | 0,100 | 154,400 | 1,769 | 0,010 | 26,900 | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Zvýšené hodnoty Ni nad limitnými hodnotami treba považovať za dôsledok vplyvu imisií, ale na mnohých miestach aj ako prejav prirodzených endogénnych geochemických anomálií v niektorých horských oblastiach (Strážovské vrchy, Malá Fatra).

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová požadovaná hodnota) je obsah Ni v poľnohospodárskych pôdach nižší (o 20 až 30 %). Nižší je aj v porovnaní s obsahom Ni, uvádzanom vo väčšine krajín Európy a Severnej Ameriky.

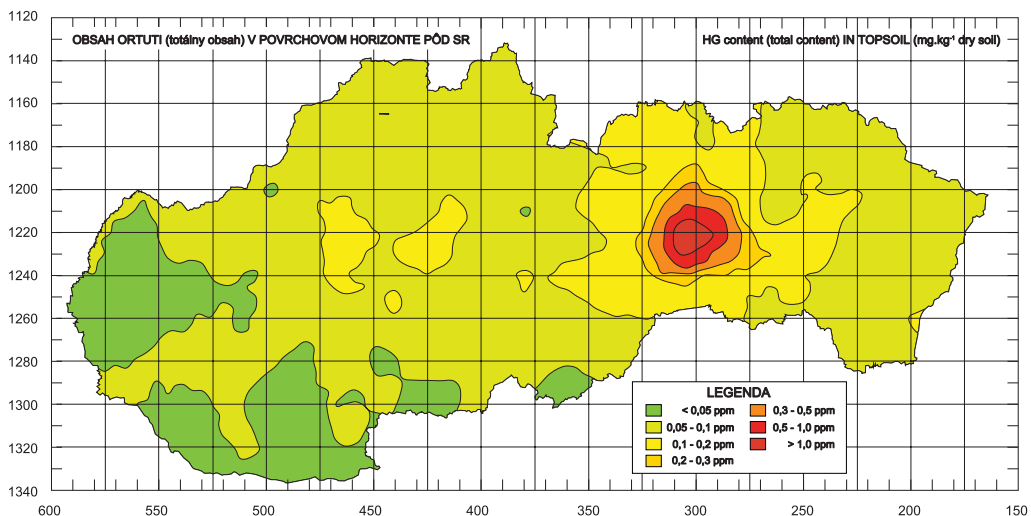
Z hľadiska priestorovej diferenciácie obsahu Ni vidieť, že zvýšené hodnoty sú sústredené najviac v nížinách, v niektorých kotlinách a aj v niektorých nižších pohoriach SR, len ojedinele vo vyšších pohoriach. Priestorové rozloženie vyšších hodnôt obsahu Ni je výsledkom dlhodobého vplyvu energetického priemyslu na báze niektorých druhov fosilných palív, ďalej je to výsledok emisií z časti metalurgického priemyslu z našich aj zahraničných zdrojov, ktorými sú ovplyvnené hlavne poľnohospodárske pôdy o čom svedčí aj profilový priebeh obsahu Ni v 2M HNO₃, ktorý smerom k substrátu postupne klesá.

Na relatívne vyššom obsahu Ni v nížinách a kotlinách sa pravdepodobne uplatňuje aj stabilita Ni vo vodných roztokoch, ktorými sa tento prvok mohol transportovať na veľké vzdialenosti a akumulovať v znížených častiach územia Slovenska v procese tvorby pokryvných sedimentov a pôd.

5.3.5 ORTUŤ

Limitné hodnoty: A pre celkový obsah je 0,22 - 0,30 mg.kg⁻¹, B: 2 mg.kg⁻¹, C: 10 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah je 0,08 mg.kg⁻¹. (Obsah v 2M HNO₃ sa nestanovuje).

Mapa 7



Výrazne zvýšené - anomálne hodnoty nad limitnými hodnotami A, ale aj B a C, sa vyskytujú hlavne v oblasti kontaminácie pôd Hg imisiami v okolí Rudňan, ktorý bol donedávna jeden z najväčších zdrojov emisií Hg v Európe (Bízik et al., 1993). V okolí Rudňan a Gelnice boli zistené maximálne hodnoty 6,7 mg.kg⁻¹, niektorí autori však uvádzajú z detailnejšieho prieskumu tohto územia hodnoty od 2 až nad 30 mg.kg⁻¹ (Holobradý et al., 1992, Marušiak, 1991). Značný podiel na obsahu Hg v pôdach majú aj prirodzené endogénne geochemické anomálie vyskytujúce sa na mnohých miestach v okolí Rudňan, Gelnice a nižšie koncentrácie v okolí Vranova, Malachova a v niektorých ďalších lokalitách.

Tab. 6 Obsah ortuti v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Polnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 0,075 | 0,009 | 6,688 | - | - | - | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 0,065 | 0,012 | 3,998 | - | - | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 0,052 | 0,010 | 1,032 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 0,193 | 0,003 | 9,231 | - | - | - | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 0,122 | 0,001 | 6,905 | - | - | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 0,109 | 0,001 | 4,000 | - | - | - | - | - | - |

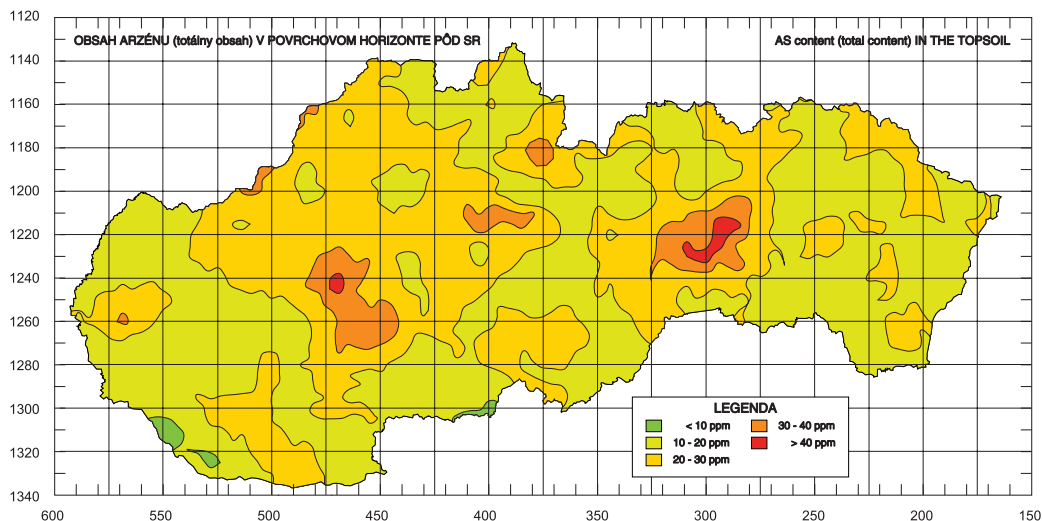
x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová požadovaná hodnota) je priemerný obsah ortuti v pôdach SR pod hodnotou klarku a je podobný, až nižší, ako vo väčšine krajín Európy a S. Ameriky a nižší ako v ČR.

5.3.6 ARZÉN

Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HCl je 5,0 mg.kg⁻¹, A pre celkový obsah: 17,4 až 29 mg.kg⁻¹, B: 30 mg.kg⁻¹, C: 50 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah 1,5 mg.kg⁻¹.

Mapa 8



Tab. 7 Obsah arzénu v pôdach SR v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|--------|---------------------------|------|-------|--------------------|------|------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO_3 | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. |
| <i>Polnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,1 | 15,74 | 0,25 | 56,24 | 1,44 | 0,15 | 22,82 | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 14,30 | 2,50 | 63,60 | 0,63 | 0,03 | 25,25 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 16,74 | 0,63 | 58,50 | 0,62 | 0,05 | 19,10 | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,1 | 24,25 | 1,90 | 102,50 | - | - | - | - | - | - |
| 0,20 - 0,30 | 22,58 | 0,70 | 101,90 | - | - | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 20,71 | 0,70 | 95,40 | - | - | - | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Poznámka: Hodnoty obsahu As vo výluhu 2M HCl uvádzame len za poľnohospodárske pôdy. (V lesných pôdach neboli stanovené.)

Výrazne zvýšené hodnoty nad hygienickým limitom A_1 , A, B a miestami aj C, sa nachádzajú aj v oblastiach výskytu prirodzených endogénnych geochemických anomálií (najmä Štiavnické vrchy, stredná a východná časť Slov. Rudohoria, medzi Skýcovom a Radobicou, v N. Tatrách a severne od Pezinka), aj v oblastiach výrazne kontaminovaných z antropogénnych zdrojov (vrcholová časť Javorníkov, okolie Novák a Krompách). V uvedených lokalitách dosahuje obsah celkového As hodnoty od

61 mg.kg⁻¹ až nad 100 mg.kg⁻¹. Extrémne vysoké hodnoty As južne od Novák sa vyskytujú len pod sedimentačnou nádržou elektrárenských popolčiek v Zemianskych Kostolanoch na prilahlej časti nivy Nitry, ktorá bola zaplavená týmito odpadmi pri pretrhnutí hrádze úložiska popolčiek v nedávnej minulosti. V Krompachoch sa vyskytujú najmä v okolí metalurgického závodu.

V porovnaní s klarkovým obsahom (celosvetová požadová hodnota) je priemerná hodnota celkového obsahu As za SR na prevládajúcej časti územia omnoho vyššia. Podobné hodnoty sú však vo väčšine priemyselných krajín Európy a S. Ameriky. Je to najmä výsledok dlhodobého procesu spaľovania fosílnych palív.

5.3.7 MEĎ

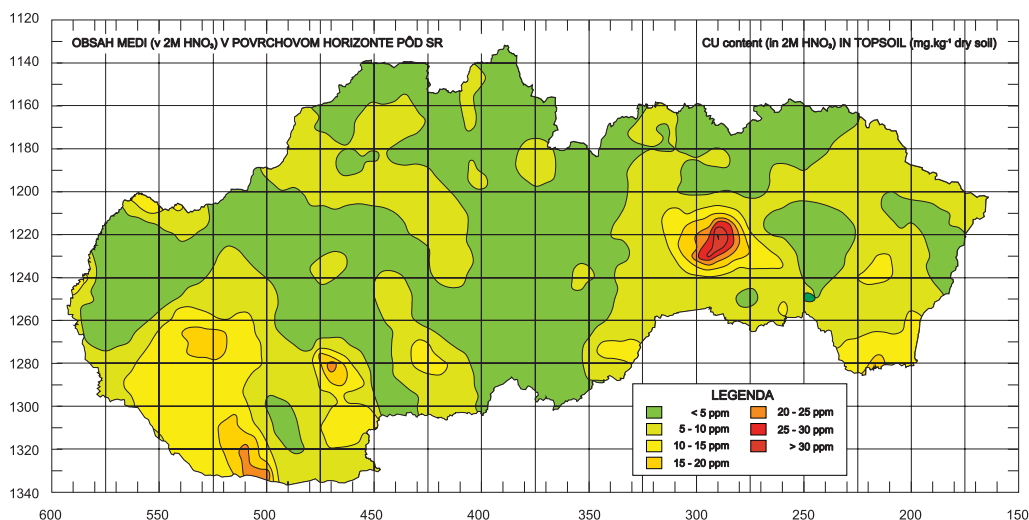
Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HNO₃ je 20 mg.kg⁻¹, A pre celkový obsah: 18,6 - 36 mg.kg⁻¹ B: 100 mg.kg⁻¹, C: 500 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah je 25 mg.kg⁻¹.

Extrémne vysoké hodnoty obsahu uvoľniteľnej Cu sa vyskytujú len v okolí Rudňan a Krompách: 100 až 150 mg.kg⁻¹, čo sa zhoduje aj s detailnejšími prieskumami (Holobradý et al., 1992, Hronec et al., 1992), v ktorých sa zistili maximálne hodnoty až 254 mg.kg⁻¹, ako výsledok jedného z najväčších zdrojov emisií Cu v Európe.

V prirodzených geochemických anomáliách a ich okolí je obsah Cu miestami tiež výrazne zvýšený nad požadovými hodnotami.

Cu je za rizikový prvok považovaný len pri vysokých hodnotách jej dosahu v pôde (nadlimitné hodnoty). Pri nižšom dosahu je dôležitou mikroživinou.

Mapa 9



Tab. 8 Obsah medi v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|--------|-----------------------------|------|--------|--------------------|------|-------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 22,595 | 5,00 | 155,50 | 7,55 | 1,00 | 171,00 | 3,27 | 0,30 | 80,50 |
| 0,2 - 0,03 | 19,840 | 3,10 | 144,00 | 6,40 | 0,30 | 128,70 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 17,330 | 1,00 | 157,10 | 5,16 | 0,58 | 112,80 | - | - | - |
| <i>Lesné pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 14,20 | 0,10 | 189,60 | 3,98 | 0,30 | - | - | - | - |
| 0,2 - 0,03 | 13,01 | 0,90 | 115,10 | 2,66 | 0,10 | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 12,89 | 0,90 | 123,30 | 2,41 | 0,10 | - | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

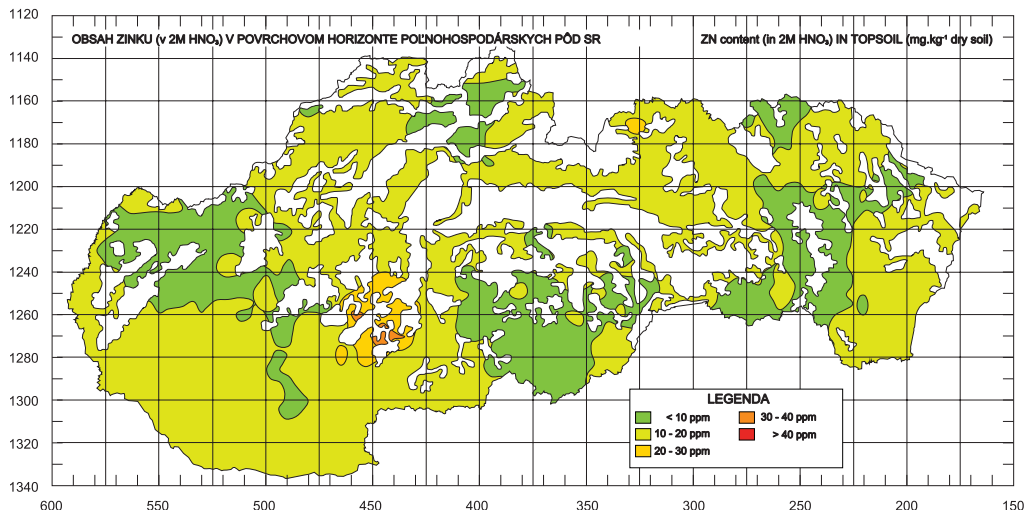
V porovnaní s klarkovým obsahom môžeme konštatovať, že v pôdach SR ako celku, je priemerný obsah Cu na úrovni celosvetového pozadia (ak by sme nebrali do úvahy oblasť stredného Spiša a niektorých výrazných prirodzených anomálií, tak je priemerná hodnota pod celosvetovým pozadím). Priemerný obsah Cu je teda podobný, alebo nižší, ako vo väčšine krajín Európy a S. Ameriky a približne rovnaký ako v ČR.

Na mape obsahu Cu v pôdach SR (mapa 9) vidieť výrazne kontaminovanú oblasť stredného Spiša a jej vyznievajúcu obrubu. Ostatné lokality s hodnotami od priemeru po hygienický limit 20 mg.kg⁻¹, tvoria súvislejšie územné celky, hlavne v nížinách a v kotlinách. Relatívne vyššie obsahy uvoľniteľnej Cu (jedná sa len o zvýšené hodnoty v rámci pozadia) sú v temer celej Podunajskej nížine a v južnej časti Východoslovenskej nížiny. Súvisí to s reakciou Cu²⁺ s uhličitanmi, väzbou s organickou hmotou, a tým aj s jej výraznejšou kumuláciou v uvedených nížinách, kde takéto vlastnosti pôd prevládajú. Časť lokalít súvisí aj s výskytom prirodzených endogénnych geochemických anomálií Cu a s banskou činnosťou (napr. v nive Hrona, v okolí Levíc, juhozápadne od Štiavnických vrchov a v údolí Štiavnického potoka), alebo sa jedná o lokálnu kontamináciu zatiaľ neznámeho pôvodu (v okolí Komárna).

5.3.8 ZINOK

Limitné hodnoty: A₁ pre výluh 2M HNO₃ je 40 mg.kg⁻¹, A pre celkový obsah 66,5 - 140 mg.kg⁻¹, B: 500 mg.kg⁻¹, C: 3 000 mg.kg⁻¹. Klarkový obsah 71 mg.kg⁻¹.

Mapa 10



Tab. 9 Obsah zinku v pôdach SR v mg.kg^{-1} suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------|---------|---------------------------|------|---------|--------------------|------|-------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO_3 | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. | x_G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 64,26 | 11,00 | 1070,00 | 12,33 | 2,05 | 565,00 | 2,35 | 0,05 | 126,0 |
| 0,2 - 0,03 | 57,68 | 9,80 | 226,00 | 8,00 | 0,39 | 595,75 | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 47,59 | 5,00 | 175,00 | 6,23 | 0,76 | 1471,00 | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Poznámka: V tejto štúdii je zhodnotený len obsah Zn v poľnohospodárskych pôdach (v lesných pôdach nebol analyzovaný).

Extrémne vysoké hodnoty Zn v pôdach sa vyskytujú najmä v geochemických anomáliách v Štiavnických vrchoch, v nive a na terasách Štiavnického potoka a v oblasti vplyvu imisií zo zdrojov metarulgického priemyslu v Rudňanoch a Krompachoch. Lokálny výskyt zvýšených obsahov Zn v niektorých alúviách vodných tokov môže pochádzať z rôznych zdrojov pri záplavách (inundácii).

V porovnaní s klarkovým obsahom môžeme konštatovať, že poľnohospodárske pôdy SR majú priemerný obsah Zn na úrovni celosvetovej požadovanej hodnoty a vyššie obsahy sa vyskytujú len v relatívne malých územiach.

Obsah Zn je v profilovom priebehu vyrovnaný s približne 40 % zvýšením v povrchových horizontoch. Tento malý rozdiel bol zistený aj napriek tomu, že Zn tvorí najväčší podiel z obsahu prvkov v ovzduší (v polietavom prachu i v zrážkach). Vysvetlenie nebolo zatiaľ náplňou monitoringu pôd.

Zn je za rizikový prvok považovaný len pri vysokých hodnotách jeho obsahu v pôde (nadlimitné hodnoty). Pri nižšom obsahu je dôležitou mikroživinou.

5.3.9 SELÉN

Limitné hodnoty A: pre celkový obsah je 0,8 mg.kg⁻¹, B: 5 mg.kg⁻¹, C: 20 mg.kg⁻¹.

Klarkový obsah je 0,05 mg.kg⁻¹.

Tab. 10 Obsah selénu v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 0,34 | 0,04 | 1,34 | - | - | - | - | - | - |
| 0,2 - 0,03 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 0,28 | 0,02 | 2,05 | - | - | - | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Poznámka: Obsah Se je hodnotený len v poľnohospodárskych pôdach. (V lesných pôdach nebol analyzovaný.)

Výskyt Se v primárnych mineráloch je zriedkavý a jeho množstvo v emisiách z niektorých metarulgických závodov a zo spaľovania fosílnych palív (uhlie) je veľmi malé na to, aby sa ním výraznejšie kontaminovali pôdy.

V rozdieloch jeho obsahu v pôdach SR, ktoré sú z hľadiska hygienického pomerne veľké, má najvýznamnejšiu úlohu zloženie sedimentárnych hornín a pokryvov zvetralín, ktoré sú substrátmi pôd. Množstvo Se v týchto sedimentoch totiž stúpa spolu s obsahom ílu, najmä ak obsahujú mnoho smektitických ílových minerálov a Fe hydroxidov a naopak, výrazne klesá, ak sa jedná o piesočnaté sedimenty. Významnú úlohu má aj pH, redox potenciál a množstvo humusu.

Obsah Se v pôdach má z hygienického hľadiska význam aj pri veľmi nízkych hodnotách, ale aj pri nadlimitných hodnotách, preto ho charakterizujeme z oboch hľadísk.

Najvyšší obsah Se nad limitnou hodnotou A, t.j. 0,8 mg.kg⁻¹ sa nachádza v ílovitých pôdach Východoslovenskej nížiny, najmä severne od Pavloviec n. Uhom a na nive Bodrogu a Latorice. Najvyšší obsah Se sa ďalej vyskytuje aj v úzkom páse na nive Moravy.

Nadpriemerný obsah Se, t.j. od 0,34 do 0,79 mg.kg⁻¹ sa vyskytuje v nive Ondavy (od Vranova po ústie do Latorice). Ďalej v celej Laboreckej vrchovine a v Bukovských vrchoch, v Pieninách, v Popradskej kotline, v severnej časti Strážovských vrchov a v Myjavskej pahorkatine, čo je pravdepodobne spojené s hojným výskytom slienitých bridlíc v týchto oblastiach. Nadpriemerný obsah Se je aj v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny s prevahou ťažkých pôd a v nivách dolnej časti Váhu, Nitry a Hrona. Nadpriemerný výskyt v Košickej kotline nevieme zatiaľ vysvetliť.

Podpriemerný obsah Se, t.j. od 0,2 do 0,33 mg.kg⁻¹ je v pôdach ostatnej časti SR. Je to prevažná časť Podunajskej nížiny (horná časť Žitného ostrova a pahorkatiny), celé Považské podolie, Orava, Kysuce, vulkanické pohoria, severný Spiš a juhoslovenské kotliny.

Najnižší obsah Se (0,04 - 0,19 mg.kg⁻¹) je v Záhorskej nížine v oblasti výskytu viatych, aj preplavených pieskov. Podobný obsah majú aj pôdy medzi Hurbanovom a Kravanmi nad Dunajom, kde sa vyskytujú piesočnaté černoze a areály viatych pieskov a v Cerovej vrchovine s prevahou pôd na neogénnych pieskoch (Tachty).

5.3.10 KOBALT

Limitné hodnoty A: pre celkový obsah je 20,0 mg.kg⁻¹, B: 50 mg.kg⁻¹, C: 300 mg.kg⁻¹.
Klarkový obsah je 10 mg.kg⁻¹.

Tab. 11 Obsah kobaltu v pôdach SR v mg.kg⁻¹ suchej pôdy

| hĺbka vzorky v m | štatistické charakteristiky | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|-------|-----------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | celkový obsah | | | obsah v 2M HNO ₃ | | | obsah v 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Poľnohospodárske pôdy</i> | | | | | | | | | |
| 0 - 0,10 | 12,32 | 3,50 | 34,50 | - | - | - | 0,60 | 0,05 | 6,20 |
| 0,2 - 0,03 | 12,56 | 3,00 | 47,50 | - | - | - | - | - | - |
| 0,35 - 0,45 | 12,50 | 4,00 | 36,00 | - | - | - | - | - | - |

x_G - geometrický priemer, min. - minimálny obsah, max. - maximálny obsah

Poznámka: Obsah Co je hodnotený len v poľnohospodárskych pôdach. (V lesných pôdach nebol analyzovaný).

Na území SR sa minerály Co vyskytujú veľmi málo. Jeho obsah v emisiách je nepatrný na to, aby sa ním výraznejšie kontaminovali pôdy. Rozdielne obsahy Co v poľnohospodárskych pôdach SR sú podmienené hlavne týmito faktormi:

- extrémne ľahká - piesočnatá zrnitosť pôd, v ktorých sú najnižšie obsahy tohto prvku v pôde,
- výskyt zvetralín z vápencov, dolomitov a z ílových bridlíc, v ktorých sa vyskytuje len vo veľmi malých množstvách, podobne ako výskyt v kyslých horninách. Pretože na území SR rôzne formy zvetralín uvedených hornín takmer absolútne prevládajú, je obsah Co v pôdach pomerne vyrovnaný a prevažne pod limitom A jeho prípustného obsahu.

Najvyššie obsahy Co nad limitom A ($20,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) sú s najväčšou pravdepodobnosťou viazané na endogénne geochemické anomálie Ni, Fe, Mn, v ktorých sa Co vyskytuje ako sprievodný prvok. Ďalším významným zdrojom Co sú ultrabázické horniny, ale plošný rozsah ich zvetralín je na území SR veľmi malý.

Výrazne najnižší obsah Co (pod $9,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) sa vyskytuje najmä v piesočnatých pôdach (Záhorská nížina, medzi Hurbanovom a Kravanmi n. Dunajom, pri Dvoroch n. Žitavou, v juhozápadnej časti Cerovej vrchoviny - Tachty a okolie, v okolí Kráľovského Chlmca) a na zvetralinách vápencov a dolomitov bez prímiesí zvetralín iných hornín.

Najvyšší obsah Co nad limitom A ($20,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) sa vyskytuje najčastejšie v geochemických anomáliách Ni a Fe (Cu) (severná časť Slov. Rudohoria, severná časť Strážovských vrchov - Čičmany, vo veporskej časti Slovenského Rudohoria a v okolí Banskej Štiavnice), ako aj v anomáliách Mn (prevažne vo flyšovej časti SR - severne od Spišskej Novej Vsi, v Laboreckej vrchovine, v Spišskej Magure a podobného typu sú aj ostatné malé anomálie vyskytujúce sa v pohoriach SR). Vysoký obsah v okolí Dobšinej je podmienený výskytom ultrabázických hornín.

Obsahy Co zodpovedajúce jeho priemeru za SR sa vyskytujú v prevažnej väčšine poľnohospodárskych pôd, pričom relatívne vyššie obsahy sú v pohoriach.

V porovnaní s klarkovým obsahom poľnohospodárske pôdy majú obsah Co väčšinou približne na úrovni tejto celosvetovej hodnoty pozadia, alebo len veľmi mierne nad ňou. Prevažná časť vysoko produkčných pôd má obsah Co nižší. Tieto obsahy sú podobné ako v ČR a v ostatných štátoch s podobnou geologickou stavbou.

5.3.11 FLUOR

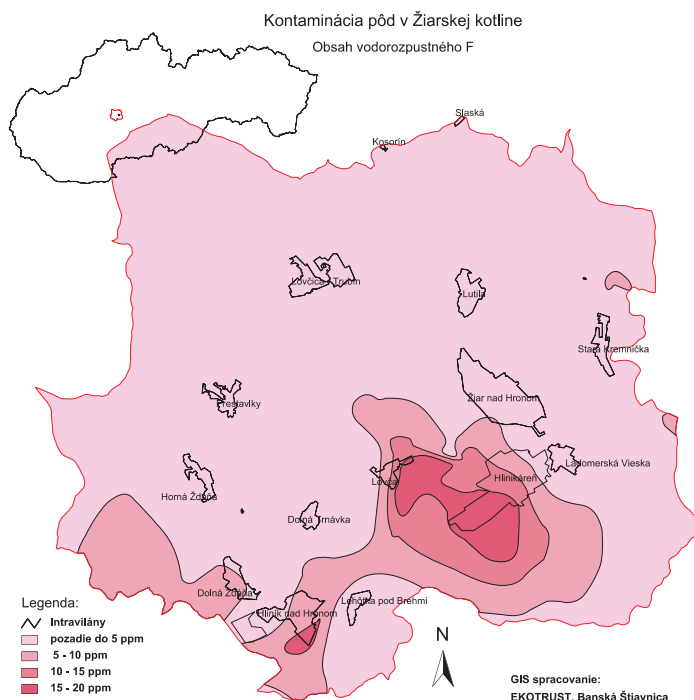
Hygienický limit pre vodný výluh, ktorý sa používa pre účely mapovania a určenia kontaminácie pôd F je 5 mg.kg^{-1} . Limit A pre celkový obsah F $240 - 500 \text{ mg.kg}^{-1}$ nepoužívame, pretože nie je výraznejšia závislosť medzi obsahom vodorozpustného a celkového F, pričom doterajšie hodnotenia stavu kontaminácie pôd a rastlín na Slovensku dokazuje oprávnenosť používania len vodorozpustnej formy. Jednoducho povedané, vplyv emisií F je v okolí hlinikárne v Žiari nad Hronom výrazný, ale prejavuje sa len v obsahu vodorozpustného F. Vplyv týchto emisií na celkový obsah F sa temer neprejavuje, preto je sledovanie tejto formy zbytočné.

Priemernú hodnotu F za územie SR tiež neuvádzame, pretože okrem okolia hlinikárne v Žiari n. Hronom je obsah jeho vodorozpustnej formy hlboko pod limitom 5 mg.kg^{-1} , a to aj v okolí ďalších zdrojov emisií obsahujúcich F (napr. VSŽ Košice, a iné).

Obsah vodorozpustného F v lokalite Žiar n. Hronom sa pohybuje prevažne od 35 mg.kg^{-1} v blízkosti zdroja, až po 5 mg.kg^{-1} (juhovýchodná časť Žiarskej kotliny v okolí zdroja) a postupne sú tieto hodnoty nižšie. Lokálne sa v blízkosti zdroja zistili až hodnoty nad 100 mg.kg^{-1} .

Zvýšený obsah F z používaných fosforečných hnojív sa v tomto monitoringu zatiaľ nepodarilo identifikovať.

Mapa 11



PRESENT STATE OF RISK TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF SLOVAKIA

The contents of risk trace elements are presented in soils of Slovakia in this chapter: Cd, Pb, Cr, Ni, Hg, As, Cu, Zn, Se, Co, F in following forms:

- total contents
- mobile forms in extraction with 0,05M EDTA
- watersoluble F (only in surroundings of Aluminium plant - Žiar and Hronom)
- Cr is for some sites presented as Cr⁶⁺

The risk trace elements content has been indicated by geometrical mean, minimum and maximum values in 3 standard depths of soil profile. The maps of risk trace elements 3 - 12 have been elaborated by the help of geostatistical methods (Software: Environmental Protection Agency, Olea, 1975).

The risk trace elements contents in soils has been compared with Slovak hygienic standard (Ministry of Land Management of Slovak Republic, 1994) which is very similar to the Dutch ABC limits, 1991. Besides, the risk trace elements content is comparable with clark values (Taylor, Mc Lennan, 1985) and with values of these elements content in the world according to data presented in the work: Kabata - Pendias and Pendias, 1992.

The present state of risk trace elements contents in the soils of Slovakia is presented in the text. It may be said, that the prevalent part of risk trace elements of Slovakia territory occurs in mountainous region of Western Carpathians as the result of following imissions resources:

- global emissions transport from foreign countries
- local emissions resources from industry and energetics
- natural endogenous geochemical anomalies with very often occurrence in Western Carpathians

The risk trace elements content in the soils of Slovakia lowlands has been indicated as non-contaminated (the prevalent part of measured values occur under A limit).
Notes to enclosures:

Map 3 - 12. The element content in the soils of Slovak Republic in mg.kg⁻¹ of dry matter.

(Map 6 The content has been indicated only in agricultural soils)

Tab. 1 - 11: The element content in the soils of Slovakia in mg.kg⁻¹ of dry matter

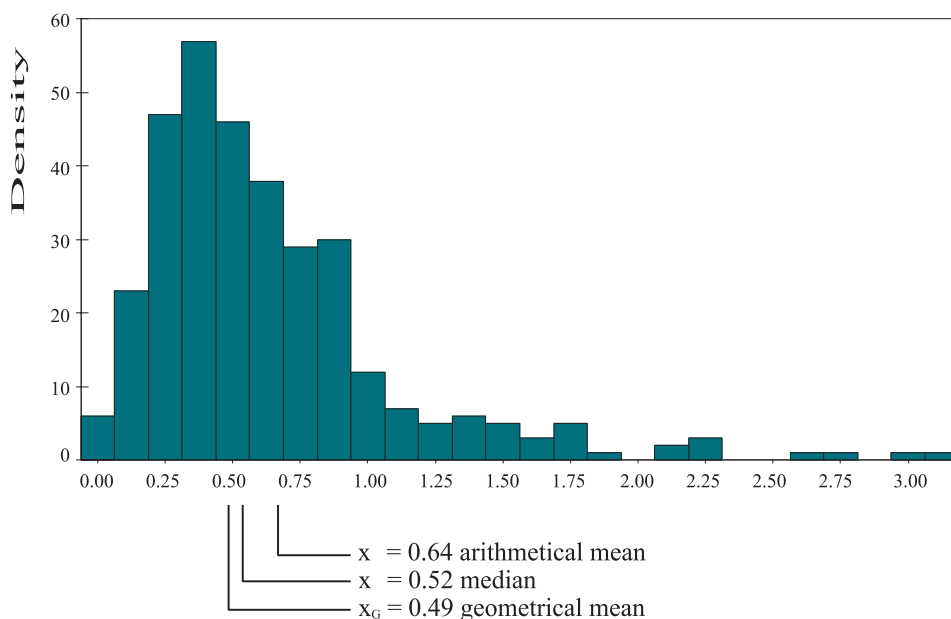
| Sampling depth in m | statistical characteristics | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|------|------|------------------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
| | total content | | | extracted with 2M HNO ₃ | | | extracted with 0,05M EDTA | | |
| | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. | x _G | min. | max. |
| <i>Agricultural soils</i> | | | | | | | | | |
| ⋮ | | | | | | | | | |
| <i>Forest soils</i> | | | | | | | | | |
| ⋮ | | | | | | | | | |

x_G - geometrical means

Tab. 4 Cr⁶⁺ content in selected sites of Slovak Republic

| Site | soil type | Cr ⁶⁺ content in mg.kg ⁻¹ | Cr ⁶⁺ in % of Cr total |
|-------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| Gbelany | KMI – Luvic Cambisol | 0.200 | 0.188 |
| Bobrovec | FM – Haplic Fluvisol | 0.489 | 0.565 |
| Istebné | KM _G – Gleyic Cambisol | 1.746 | 1.877 |
| Zakamenné | KM _G – Gleyic Cambisol | 0.882 | 0.665 |
| Dolná Krupá | HM – pseudoglejová | 0.187 | 0.190 |
| Smilno | KM _G – Gleyic Cambisol | 1.340 | 0.830 |

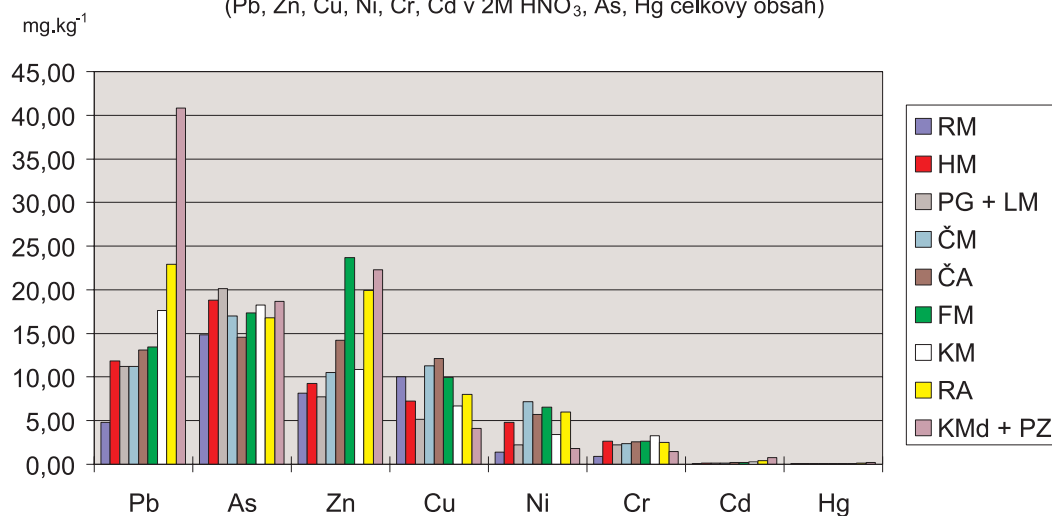
Fig. 3: The examples of frequency distribution of risk trace elements content in the soils of Slovakia



5.4 STAV KONTAMINÁCIE PÔDNYCH TYPOV A SUBTYPOV RIZIKOVÝMI STOPOVÝMI PRVKAMI

Informácie o stave kontaminácie jednotlivých pôdnych typov a subtypov sú veľmi dôležité, pretože prispievajú k poznaniu vzťahov medzi chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami pôd a obsahom jednotlivých rizikových prvkov.

Obr. 4 Priemerný obsah rizikových stopových prvkov v najrozšírenejších typoch poľnohospodárskych pôd SR v mg.kg^{-1}
(Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd v 2M HNO_3 , As, Hg celkový obsah)

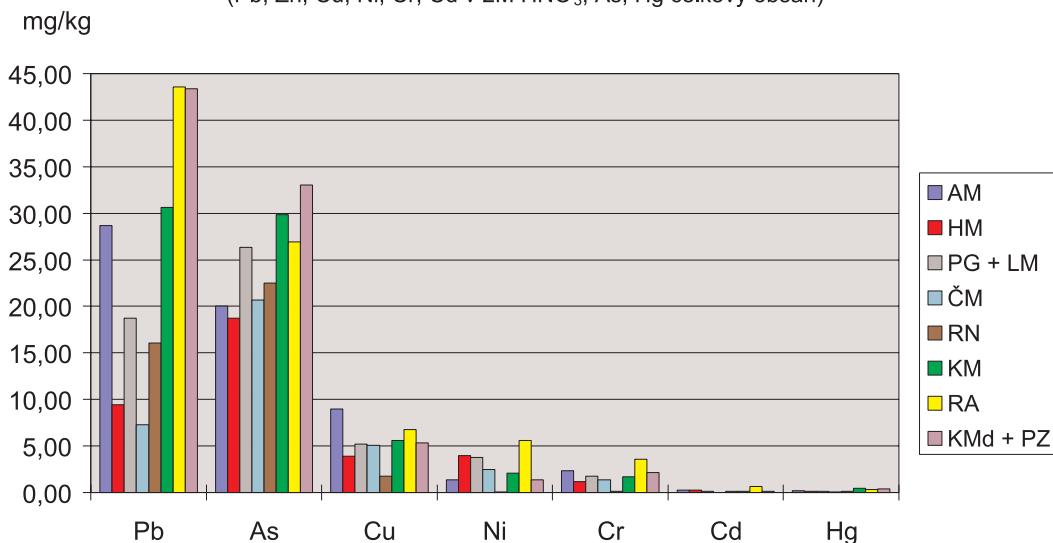


Tab. 12 Priemerný obsah rizikových stopových prvkov v najrozšírenejších typoch poľnohospodárskych pôd SR

| Pôdny typ, subtyp | Cd | Pb | Cu | Zn | Cr | Ni | Hg | As |
|---------------------|---|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| | 2M HNO ₃ celkový obsah v mg.kg^{-1} | | | | | | | |
| RM | 0,05 | 4,79 | 10,05 | 8,18 | 0,91 | 1,40 | 0,04 | 14,85 |
| HM | 0,13 | 11,84 | 7,27 | 9,27 | 2,63 | 4,81 | 0,05 | 18,84 |
| PG+LM | 0,13 | 11,23 | 5,15 | 7,70 | 2,24 | 2,23 | 0,08 | 20,10 |
| ČM | 0,14 | 11,20 | 11,26 | 10,51 | 2,36 | 7,18 | 0,06 | 17,02 |
| ČA | 0,18 | 13,11 | 12,15 | 14,19 | 2,61 | 5,70 | 0,07 | 14,59 |
| FM | 0,18 | 13,45 | 9,97 | 23,67 | 2,67 | 6,56 | 0,07 | 17,36 |
| KM | 0,28 | 17,64 | 6,72 | 10,85 | 3,30 | 3,41 | 0,09 | 18,23 |
| RA | 0,41 | 22,92 | 7,99 | 19,62 | 2,49 | 5,96 | 0,12 | 16,78 |
| KM _d +PZ | 0,74 | 40,80 | 4,14 | 22,29 | 1,43 | 1,80 | 0,19 | 18,70 |

Typy a subtypy pôd: RM - regozeme, HM - hnedozeme, PG+LM - pseudogleje a luvizeme, ČM - černoze, ČA - čiernice, FM - fluvizeme, KM - kambizeme nasýtené a kyslé, RA - rendziny, KMd+PZ - kambizeme dystrické a podzoly.

Obr. 5 Priemerný obsah stopových prvkov v najrozšírenejších typoch lesných pôd SR v mg/kg
(Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Cd v 2M HNO₃, As, Hg celkový obsah)



Tab. 13 Priemerný obsah rizikových stopových prvkov v najrozšírenejších typoch lesných pôd SR

| Pôdny typ, subtyp | Cd | Pb | Cu | Zn | Cr | Ni | Hg | As |
|---------------------|---|-------|------|----|------|------|------|-------|
| | 2M HNO ₃ celkový obsah v mg.kg ⁻¹ | | | | | | | |
| AM | 0,23 | 28,67 | 8,99 | - | 2,31 | 1,37 | 0,22 | 20,06 |
| HM | 0,29 | 9,43 | 3,90 | - | 1,18 | 3,95 | 0,13 | 18,25 |
| PG+LM | 0,12 | 18,72 | 5,19 | - | 1,75 | 3,76 | 0,16 | 26,33 |
| ČM | - | 7,29 | 5,09 | - | 1,34 | 2,46 | 0,09 | 20,71 |
| RA | 0,12 | 16,09 | 1,76 | - | 0,12 | 0,06 | 0,13 | 22,57 |
| KM | 0,15 | 30,65 | 5,62 | - | 1,69 | 2,10 | 0,46 | 29,88 |
| RA | 0,66 | 43,54 | 6,79 | - | 3,55 | 5,57 | 0,31 | 26,93 |
| KM _d +PZ | 0,54 | 43,38 | 5,30 | - | 2,14 | 1,39 | 0,36 | 33,05 |

Typy a subtypy pôd: AM - andozeme, HM - hnedozeme, PG+LM - pseudogleje a luvizeme nasýtené a kyslé, ČM - černozeme, RA - rendziny, KM - kambizeme, KMd+PZ - kambizeme dystrické a podzoly.

Z údajov z obr. 4 a 5 a z tab. 12 a 13 môžeme konštatovať, tak u poľnohospodárskych pôd, ako aj u lesných pôd nasledovné skutočnosti:

- Aj keď je absolútny obsah jednotlivých stopových prvkov v pôdach značne rozdielny, čo vyplýva z vývoja zemskej kôry (napr. obsah Pb, As, Zn je vždy omnoho väčší ako obsah Cd, Hg a pod.) vidieť, že zrnitosť je ľahká, ale aj ďalšie pôdy s veľmi nízkym obsahom humusu a ílu majú temer vo všetkých prípadoch naj-

- nižší obsah všetkých prvkov (t.j. najmä regozeme, ale aj hnedozeme a pseudogleje s luvizemami). Súvisí to s nízkou hodnotou sorpčnej kapacity týchto pôd.
- V pôdnych typoch s vysokým, až veľmi vysokým obsahom humusu (kambizeme dystrické s podzolmi, rendziny, fluvizeme a andozeme) je výrazne vyšší obsah Pb, Zn a v pôdach s vyšším obsahom humusu s vysokým podielom humínových kyselín, alebo aj s obsahom uhličitanov je vyšší obsah Cu (černozeme, čiernice, ale i hnedozeme a v lesných pôdach andozeme). Je to podmienené tým, že veľká časť mobilných a mobilizovateľných foriem uvedených prvkov je viazaná na organické látky a na uhličitaný.
 - V pôdach s veľkým obsahom humusu s výrazným zastúpením slabo rozloženej organickej hmoty a so silne kyslou, až mierne kyslou reakciou (kambizeme dystrické s podzolmi, ale aj vylúhované rendziny s kyslou reakciou) je najvyšší obsah Cd. Významný vplyv tu môže mať vysoká záťaž imisiami s obsahom Cd vo vrcholových častiach väčšiny pohorí, kde tieto pôdy prevládajú, ale aj výskyt geochemických anomálií.

Uvedené vzťahy, medzi obsahom niektorých stopových prvkov a vlastnosťami pôd, sú najmä v pohoriach a v ich bezprostrednom okolí do značnej miery komplikované výskytom ednogénnych geochemických anomálií. Aj napriek tomu však vlastnosti pôd významne ovplyvňujú obsah rizikových prvkov, ktoré sa v nich vyskytujú. Výnimkou je len obsah Cr, Ni, ktorý nevykazuje významnejšiu závislosť od vlastností pôd s výnimkou piesočnatých pôd s extrémne nízkou sorpčnou kapacitou, v ktorých je obsah všetkých prvkov najnižší.

PRESENT STATE OF CONTAMINATION BY RISK TRACE ELEMENTS IN SOIL TYPES AND SUBTYPES

In this chapter has been indicated the average contents of risk trace elements in individual soil subtypes of Slovakia, for agricultural soils and separately for forest soils.

Notes to enclosures:

Fig. 4: average contents of risk trace elements in the most wide - spread soil types of agricultural soils in Slovakia - in mg.kg⁻¹

(Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr extracted with 2M HNO₃, As, Hg - contents in total)

Soil types: RM - Eutric Regosol, HM - Orthic Luvisol, PG + LM - Planosol + Albo - gleyic Luvisol (Glossic Luvisol), ČM - Chernozems, ČA - Fluvi-gleyic Phaeozems, FM - Fluvisol, RA - Rendzina, KM_d+ PZ Dystric Cambisol + Ferro - humic Podzol

Fig. 5, tab. 13: Average contents of risk trace elements in the most wide-spread soil types of forest soils in Slovakia - in mg.kg⁻¹

(Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr extracted with 2M HNO₃, As, Hg - contents in total)

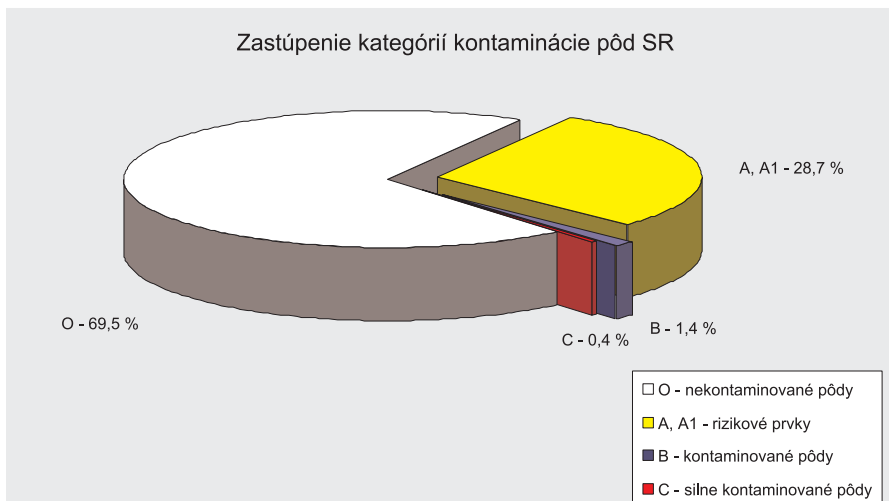
Soil types: AM - Andosol, HM - Orthic Luvisol, PG + LM - Planosol + Albo - gleyic Luvisol (Glossic Luvisol), ČM - Chernozems, RA - Rendzina, KM_d + PZ Dystric Cambisol + Ferro - humic Podzol

5.5 ZHODNOTENIE STAVU KONTAMINÁCIE PÔD SR

Pretože mnohí užívatelia informácií o kontaminácii pôd požadujú celkové zhodnotenie stavu kontaminácie pôd (súhrnne za všetky rizikové stopové prvky a organické polutanty), aby ich mohli využiť napr. pre územné plánovanie, alebo všeobecné zhodnotenie jednotlivých častí SR, vyjadrujeme stav kontaminácie pôd kategóriami podľa limitov najvyšších prípustných hodnôt škodlivých látok: „Rozhodnutie Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994“. Pre zhodnotenie stavu kontaminácie pôd sú použité nasledovné kategórie:

- 0 - Nekontaminované pôdy s obsahom všetkých hodnotených rizikových látok pod limitom A (pre celkový obsah prvku), resp. A₁ (pre obsah prvku v 2M HNO₃, resp. 2M HCl).
- A₁, A - Rizikové pôdy. Obsah najmenej jednej z rizikových látok prekračuje limit A₁, A, až po limit B. Obsah týchto látok je nad hranicami prirodzeného pozadia a môže sa prejavovať zvýšením ich obsahu v rastlinách (na kyslých pôdach, alebo u rastlín, resp. ich častí, ktoré v zvýšenej miere prijímajú rizikové stopové prvky).
- B - Kontaminované pôdy. Obsah najmenej jednej z rizikových látok prekračuje limit B, až po limit C uvedeného legislatívneho predpisu. Vo väčšine prípadov sa už prejavuje zvýšeným obsahom v rastlinách, a to nad hygienickými limitmi pre potraviny, alebo krmoviny.
- C - Silne kontaminované pôdy. Obsah najmenej jednej z rizikových látok prekračuje limit C a prejavuje sa takým vysokým obsahom v rastlinách, že legislatívna norma určuje sanáciu takýchto pôd a prísnu kontrolu ich vstupu do potravinového reťazca.

Obr.6



EVALUATION OF SOIL CONTAMINATION DETERMINED IN SLOVAKIA

As many users of soil contamination information recognize total soil contamination evaluation (total of all risk and trace elements and organic pollutants) so that they were usable, e. g. for landuse planning or common evaluation of the Slovakia Republic parts, soil contamination is expressed in categories by the limits of Harmful substances: SR Agriculture Ministry resolution, n. 531/1994:

- o - non - contaminated soils with all risk substances under the limit A (for total contents) or A_1 (for element contents in $2MHNO_3$ or $2MHCl$)
- A_1 , A - Risk soils. At least one of the substances overlaps limit A_1 , A up to limit B. These substances contents are above the limits of natural background and could be demonstrated in their increase in plants (in acid soils, or in plants their parts that in increased rate uptake risk trace elements).
- B - Contaminated soils. At least the level of one of the risk substances overlaps limit B up to the limit C of the legislative regulation. In most cases it is demonstrated in increased contents in plants, above higienical limits for food.
- C - Strong contaminated soils. At least the level of one of the risk substances overlaps limit C and this is demonstrated in its high contents in plants, so that legislative standard determines these soils to be reclamated and sharply checked at their entrance into food chain.

MAPA 12 Kontaminácia pôdneho fondu SR

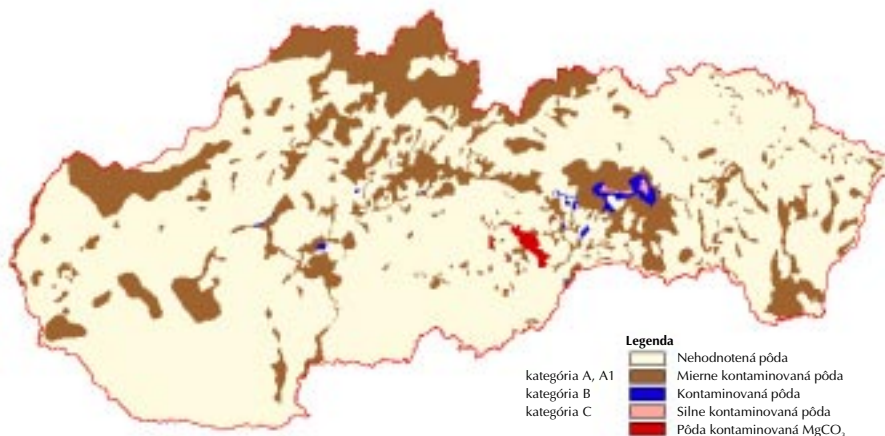
Map. 12 Soil cover contamination in Slovakia (in % of soil cover)

A, A_1 - slightly contaminated soils

B - contaminated soils

C - extremely contaminated soils

Soils contaminated by $MgCO_3$ (surroundings of magnesite plants)



6. PROBLEMATIKA MOBILNÝCH A MOBILIZOVATELNÝCH FORIEM RIZIKOVÝCH STOPOVÝCH PRVKOV V PÔDACH A ICH VÝZNAM V MONITORINGU PÔD

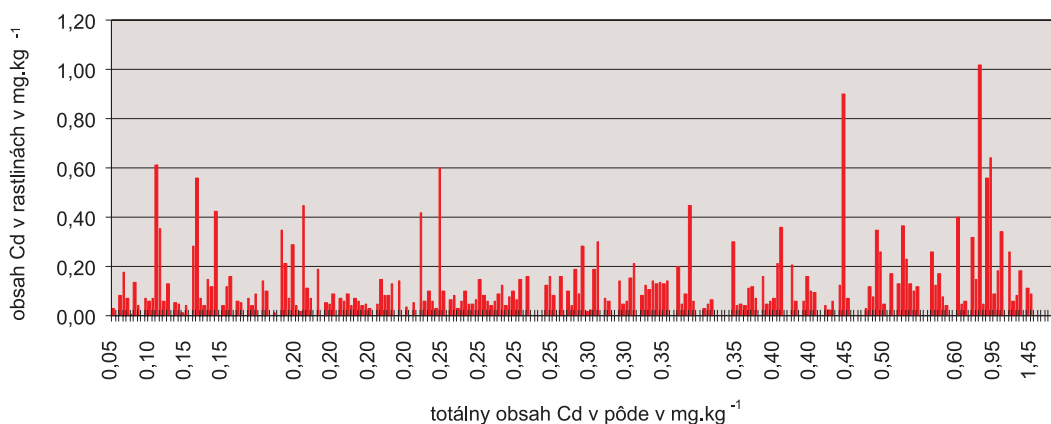
Kontaminácia pôd stopovými prvkami sa posudzuje vždy z hľadiska rizík, ktoré vyplývajú z možného prieniku týchto prvkov do potravného reťazca a do biologického kolobehu s negatívnymi následkami pre človeka a jeho životné prostredie.

Údaje o celkovom obsahu stopových prvkov v pôde (a podobne aj o ich obsahu vo výluhu 2M HNO₃, alebo 2M HCl) poskytujú síce informácie o kontaminácii pôd a umožňujú aj zhodnotenie územia, najmä z geochemického hľadiska, ale nie sú objektívnym kritériom pre odhad rizík ich vstupu do potravného reťazca a biologického kolobehu prvkov pri ich nižších obsahoch v pôdach, pričom ako to vidieť z obr. 6 a mapy 12, práve takéto pôdy prevládajú.

Výraznejšia závislosť medzi celkovým obsahom rizikových stopových prvkov v pôdach a obsahom v rastlinách sa totiž prejavuje len pri ich vysokých hodnotách (obr. 7) obvykle prekračujúcich kategórie B a C hygienických limitov (graf má len orientačný význam pretože obsah Cd sa zisťoval v celých rastlinách a v rôznych druhoch).

Obr. 7

Obsah Cd v rastlinách



Táto skutočnosť je podmienená tým, že pri vysokých hodnotách celkového obsahu sú u všetkých prvkov relatívne vysoké aj obsahy ich mobilných foriem rizikových prvkov v pôde (tab. 14). Preto sa normy pre posudzovanie miery kontaminácie pôd s ohľadom na obsah rizikových prvkov v rastlinách definujú len pre silne konta-

minované pôdy a odvodzujú sa od tzv. transférových koeficientov, čo je pomer medzi celkovým obsahom prvku v pôde a jeho obsahom v rastline.

Pri nízkych hodnotách celkového obsahu rizikových stopových prvkov v pôdach, ktoré, ako sme to uviedli v predchádzajúcich kapitolách na území SR prevládajú, nie je možné z celkového obsahu podrobnejšie hodnotiť stav kontaminácie väčšiny pôd, a tým ani rizík, ktoré z toho vyplývajú. Napríklad, pri nízkom celkovom obsahu Cd vo veľmi kyslých pôdach je obsah tohto prvku v rastlinách vysoký a pri jeho podobnom, alebo aj vyššom obsahu v slabo kyslých a neutrálnych pôdach je jeho obsah v rastlinách nízky a podobne. Z analýz rastlín a rastlinných produktov je známe, že obsah rizikových prvkov je často vyšší ako pripúšťa „potravový kódex“, pričom celkový obsah prvku je nízky (v limitoch kategórie A, A₁, alebo aj nižší).

Preto sa na celom svete s doporučením ISO (Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu) hľadajú a overujú najvhodnejšie metódy pre určenie mobilných a mobilizovateľných foriem, a spolu s tým aj limity pre hodnotenie kontaminácie pôd tak, aby bola čo najviac preukazná závislosť medzi obsahom týchto foriem rizikových prvkov v pôdach a ich obsahom v rastlinách aj v slabo kontaminovaných pôdach, ktoré prevládajú (tab. 14). Údaje v tabuľke majú len orientačný význam, pretože obsah Cd sa zisťoval v celých rastlinách a rôznych druhoch.

Tab.14 Korelačné vzťahy medzi obsahom rôznych foriem Cd v poľnohospodárskych pôdach a obsahom Cd v rastlinách

| Obsah Cd v pôde | Obsah Cd v rastlinách | Korelačný koeficient |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|
| celkový obsah | celkový obsah | 0,165 |
| obsah v 2M HNO ₃ | celkový obsah | 0,440 |
| obsah v 0,05M EDTA | celkový obsah | 0,770 |

Poznámka: *Obsah Cd v rastlinách bol analyzovaný v takom sortimente rastlín, aké sa nachádzali pri vzorkovaní v základnej sieti monitorovacích lokalít.*

Pretože je reálny predpoklad, že mobilné a mobilizovateľné formy stopových prvkov budú v najbližšej dobe predmetom monitorovania a podľa ich obsahu sa vytvoria nové limity pre hodnotenie kontaminácie pôd, uvádzame predbežný prehľad ich stavu v poľnohospodárskych pôdach SR.

Údaje o obsahu potenciálne mobilizovateľných foriem získané extrakciou 0,05 M EDTA (doporučené európskou komisiou pre štandardy, merania a testovanie, BCR) z celého súboru monitorovacej siete poľnohospodárskych pôd (n = 312) sú

uvedené pri hodnotení jednotlivých rizikových prvkov. Poradie podľa veľkosti podielu týchto foriem z celkového obsahu je nasledovné: Cd > Cu > Pb > Ni > Zn > Cr (tab. 15).

Tab. 15 Priemerný celkový obsah stopových prvkov a suma ich mobilných a mobilizovateľných foriem v 0,05M EDTA v A horizonte poľnohospodárskych pôd SR

| Prvok | Celkového obsah v mg.kg ⁻¹ (x_G) | Obsah v 0,05M EDTA v % z celkového obsahu |
|-------|--|--|
| Cd | 0,285 | 30,9 |
| Pb | 24,870 | 14,3 |
| Cr | 72,640 | 2,2 |
| Cu | 22,590 | 14,5 |
| Ni | 12,790 | 8,1 |
| Zn | 64,260 | 3,6 |

x_G - geometrický priemer

V monitoringu pôd (poľnohospodárske pôdy) bol experimentálne odskúšaný ako štandardný výluh v 0,05M EDTA.

Cieľom monitoringu pôd SR musí byť aj sledovanie zmien, resp. trendu zmien v obsahu rôznych foriem rizikových stopových prvkov v pôdach. Z tohto hľadiska je niekoľko dôvodov pre použitie takýchto výluhov:

- Byť v súlade s celosvetovým trendom, v ktorom sa postupne uplatňuje aj sledovanie obsahu mobilných a mobilizovateľných foriem rizikových stopových prvkov pre hodnotenie stavu kontaminácie pôd, aj pre definíciu limitov prípustných obsahov týchto prvkov (tzv. hygienické limity) a aj pre monitoring pôd.
- Obsah mobilných a mobilizovateľných foriem stopových prvkov najcitlivejšie vyjadruje tak pokles miery kontaminácie v prípade zníženia imisnej záťaže, aj zvýšenie kontaminácie pri zvýšení záťaže. Podobne pri melioračných opatreniach, ktoré sa dajú v budúcnosti očakávať (aplikácia sorbentov, úprav pH, aplikácia CaO a pod.), sa zmeny budú týkať najmä ich aktívnych - mobilných a mobilizovateľných foriem. Tieto zmeny sa síce prejavia aj v celkovom obsahu, ale z neho nezistíme zmeny v pomere obsahu pohyblivých a nepohyblivých frakcií stopových prvkov v pôde. Z hľadiska monitoringu kontaminácie pôd je to teda kľúčový parameter a ak sa v prvej etape neuplatnil v plnej miere (v celej sieti sa realizoval len výluh 0,05M EDTA), bolo to preto, lebo metódy analýz pohyblivých foriem stopových prvkov v pôde sa začínajú realizovať až v súčasnej dobe.

- Zavedenie týchto metód do monitoringu na celom pôdnom fonde SR je komplikované veľkou variabilitou mobilných a mobilizovateľných foriem stopových prvkov nielen v závislosti od miery kontaminácie, ale aj od parametrov ostatných vlastností pôd (najmä ich pôdnej reakcie, obsahu a kvality humusu a obsahu ílu) a vyžiada si aj teoretický výskum.
- Merateľné zmeny v obsahu, najmä mobilných foriem stopových prvkov sa vysoko korelatívne prejavujú aj na zmenách ich obsahu v rastlinách. Tento vzťah je samozrejme všeobecný. V konkrétnych prípadoch závisí aj od druhu rastliny, od jej vegetačnej fázy a časti rastliny, v ktorej sa akumuluje.
- Posledný dôvod realizácie monitoringu mobilných a mobilizovateľných foriem rizikových stopových prvkov vyplýva z podstaty vedeckého poznávania pôd. Ak chceme poznať vývoj parametrov pôd a stavu životného prostredia a efektívne vykonávať určité opatrenia na jeho ochranu a zlepšenie stavu je nevyhnutné poznať aj štruktúru foriem týchto prvkov v pôdach od mobilných, až po pevne viazané a prakticky nerozpustné.

PROBLEM OF MOBILE AND POTENTIAL MOBILE FORMS OF RISK TRACE ELEMENTS IN SOILS AND THEIR IMPORTANCE IN SOIL MONITORING

The risk trace element contents in most part of soils in Slovakia has been indicated under A hygienic limit (69,5 %) or between A and B hygienic limits (28,7 %, see the chapter 5.5). In slightly contaminated soils as well as in soils which have been evaluated as non-contaminated is determined low correlation between total content of risk trace elements content and with their content in plants. The higher correlation is determined only in strongly contaminated soils where the risk trace elements content is over B, or C hygienic limits (Fig. 7).

On the other hand the risk trace elements content has been indicated in some plants over the hygienic limits for food-stuffs and forage. Therefore so-called transfer coefficients are not acceptable for practical goals most soils in Slovakia (the relationship between total contents of element in soils and its contents in plant).

Well, the higher correlative coefficient has been indicated between risk trace elements content (extracted with 2M HNO_3) and in plants. Finally, the highest correlative coefficient has been indicated between risk trace elements content in soil (extracted with 0,05M EDTA - mobile and potential mobile forms - see tab.) and their contents in plants. In addition, the successive selective extraction method according to Zeien and Brümmer, 1989 has been tested in experiments, as well.

On the basis of our results obtained from soil contamination survey as well as from soil monitoring network, we can suppose, that there exist more perspective mobile, or potential mobile forms of risk trace elements in soils of Slovakia, especially from practical usage point of view.

Notes to enclosures:

Fig. 7. Content of Cd in the plants (contents of Cd in the plants/ total content of Cd in soils)

Tab. 14: Correlation coefficients between contents of various forms of Cd in the agricultural soils and plants. (Cd on soils - total content, content in 2M HNO_3 and 0.05M EDTA, Cd content in plants, correlation coefficients.)

Tab. 15: Average risk trace elements contents in total and sum of their mobile and potential mobile forms extracted with 0,05M EDTA in A horizon of agricultural soils (total content in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, x_G = geometric mean. 0,05M EDTA content in % of total content

7. OBSAH POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKOV (PAU) V POLNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SR

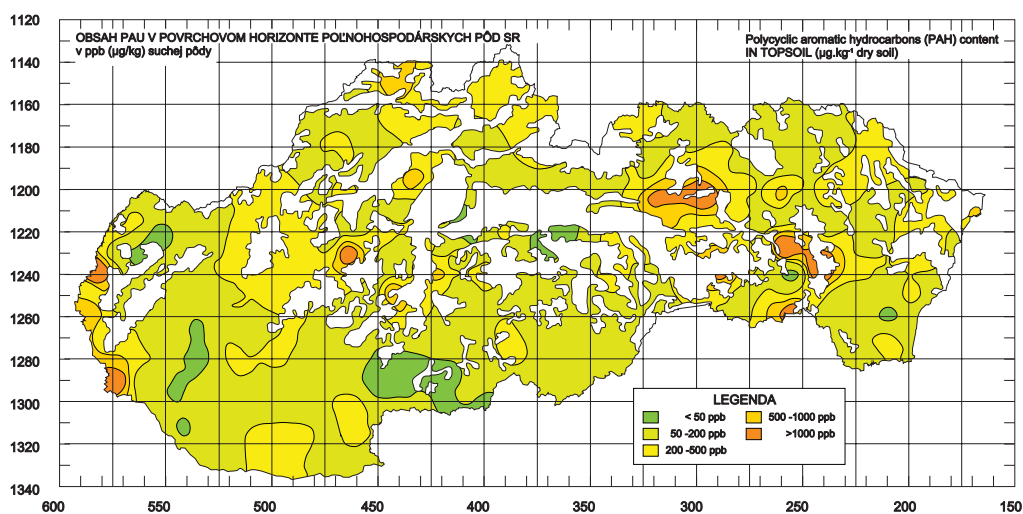
Z organických znečistenín, ktoré v pôdach dlhšie pretrvávajú sú predmetom monitorovania hlavne polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU). Ostatné organické znečisteniny majú viac charakter „bodového“ znečistenia, ako to potvrdzujú predchádzajúce prieskumy, aj výsledky plošného prieskumu kontaminácie pôd.

PAU sú uvoľňované pri nedokonalom spaľovaní (pri teplotách 500 - 700 °C) niektorých fosilných a organických palív (uhlie, ropné látky, drevo, oleje i ďalšie organické substancie) v elektrárňach, dechtárňach, koksárňach pri spaľovaní v dieselových motoroch a vyskytujú sa v mnohých látkach, ktoré sa stávajú súčasťou rôznych odpadov. PAU môžu byť vytvárané aj v prírode mikroorganizmami.

Prenos PAU z miest ich vzniku sa uskutočňuje prevažne vzdušnou cestou, ale aj transportom odpadov vodou pri záplavách. V emisiách sú PAU viazané na častice prachu a depozíciami sa prostredníctvom zrážok dostávajú do pôd.

Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU) boli v monitorovacej sieti na poľnohospodárskych pôdach analyzované metódou používanou Chemickým ústavom pri Prírodovedeckej fakulte UK Bratislava, ako ich suma a osobitne ich 12 zložiek zo zoznamu svetového štandardu (EPA PAU).

Mapa 13 Obsah PAU (celková suma) v poľnohospodárskych pôdach SR



Celkove bolo analyzovaných 309 vzoriek z povrchového horizontu pôdnych sond. Zistené hodnoty v poľnohospodárskych pôdach SR sa pohybuju v širokom roz-

pätí od 4,2 do 9 439 mg sumy PAU.kg⁻¹. Priemerný obsah je 387,29 mg.kg⁻¹. Táto hodnota je v súlade s niektorými zahraničnými poznatkami (napr. Blume,1992, Němeček, Podlešáková, Pastuszková 1996), v ktorých sa uvádzajú priemery celkového obsahu PAU v pôdach v rozpätí 100 - 300 mg.kg⁻¹.

Zvýšené hodnoty obsahu PAU pri hornej hranici pozadia (300 - 500 mg.kg⁻¹) sme zistili hlavne na kyslejších pôdach dobre prekorenených pod trvalými trávnyimi porastami, najmä na oglejených subtypoch kambizemí na flyši a oglejených pôdach s vyšším obsahom fulvokyselín, čo je v súlade aj s niektorými zahraničnými prameňmi (Gauthier et al. 1986-ex. Blume, H.P., 1992).

Nad referenčnou hodnotou A (vyjadrujúcou mieru kontaminácie pôd nad prirodzeným pozadím), ktorá je pre sumu PAU 1 000 mg.kg⁻¹ (Dutch ABC - referencial list for soil and groundwater contamination, 1991) sa zo sledovaných lokalít poľnohospodárskych pôd SR vyskytuje len 6 % lokalít.

Najvyššie hodnoty PAU boli zistené na fluvizemiách - v nivách väčších či menších riek (Rusovce, Zemianske Kostolany, Horné Opatovce, Malé Leváre, Ploské nad Torysou, Svinica pri Košiciach, Žilina), kde sa namerané hodnoty pohybujú v rozpätí od 3 224 do 9 439 mg.kg⁻¹.

Hodnoty nad limitom A boli zistené aj v čierniciach vyskytujúcich sa na nivách vodných tokov (Vysoká pri Morave, Príbovce, Nižná Šebastová, Kálna nad Hronom) a lokálne aj v luvizemiách pseudoglejových (Tomášovce pri Lučenci) a v kambizemiách (Spišský Štvrtok, Raková pri Čadci, Stará Lubovňa). Na posledne menovaných sú však zistené hodnoty sumy PAU o niečo nižšie a pohybujú sa prevažne v rozpätí od 1 051 do 4 948 mg.kg⁻¹.

Zvýšené hodnoty nad referenčnou hodnotou A sa vyskytujú často v okolí priemyselných centier (Košice, Zem. Kostolany, Žiar nad Hronom, Raková pri Čadci - v oblasti vplyvu Sliezskej priemyselnej aglomerácie) a v nivách väčších riek (Dunaj, Morava, Hron, Torysa), kde sa môžu dostávať do pôd aj zo skládok odpadov (napr. Horné Opatovce pri Žiari nad Hronom).

Môžeme teda konštatovať, že poľnohospodárske pôdy SR, okrem uvedených lokalít, nie sú vo významnejšej miere znečisťované polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi (PAU).

Priemerné zastúpenie sumy PAU a ich jednotlivých zložiek v typoch (subtypoch) poľnohospodárskych pôd SR je v tab. 16.

Tab. 16 Priemerný obsah jednotlivých zložiek a sumy PAU v poľnohospodárskych pôdach SR v mg.kg⁻¹

| Organické znečisteniny | Pôdny typ, subtyp | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ČM | ČA | FM | HM | KM | LM + PG | KMd + PZ | RA |
| Benzo (a)antracén | 5,97 | 25,29 | 54,98 | 15,02 | 13,74 | 9,09 | 7,90 | 5,11 |
| Benzo (b,j,k) fluorantén | 26,86 | 88,82 | 207,13 | 39,14 | 42,09 | 39,74 | 27,80 | 25,73 |
| Benzo (g,h,i) perylén | 24,41 | 69,00 | 120,00 | 40,50 | 39,02 | 33,50 | 30,82 | 39,46 |
| Benzo (a) pyrén | 16,45 | 68,38 | 97,02 | 17,81 | 31,82 | 22,69 | 24,70 | 20,42 |
| Benzo (e) pyrén | 11,46 | 48,52 | 81,43 | 22,17 | 20,27 | 15,00 | 16,10 | 11,42 |
| Chryzén | 19,85 | 89,05 | 116,26 | 34,12 | 41,38 | 34,07 | 9,65 | 16,46 |
| Fenantrén | 28,22 | 49,88 | 105,58 | 42,38 | 34,97 | 26,25 | 8,82 | 16,46 |
| Fluorantén | 13,25 | 36,75 | 100,00 | 19,34 | 33,78 | 19,30 | 7,90 | 11,07 |
| Indeno (1,2,3) pyrén | 43,43 | 118,23 | 218,88 | 48,26 | 74,39 | 71,97 | 66,32 | 65,31 |
| Antracén | 3,6 | 15,97 | 22,72 | 7,71 | 7,17 | 3,62 | 2,05 | 1,53 |
| Perylén | 2,21 | 21,17 | 39,42 | 8,97 | 6,10 | 4,93 | 0,50 | 1,46 |
| Pyrén | 12,14 | 33,62 | 80,72 | 16,67 | 24,38 | 16,78 | 6,42 | 9,54 |
| Σ PAU | 204,12 | 679,06 | 1093,89 | 301,55 | 322,19 | 285,04 | 202,57 | 201,34 |

ČM - černoziem, ČA - čiernica, FM - fluvizem, HM - hnedozem, KM - kambizem, LM - luvizem, PG - pseudoglej, KMd - kambizem dystrická, PZ - podzol, RA - rendzina

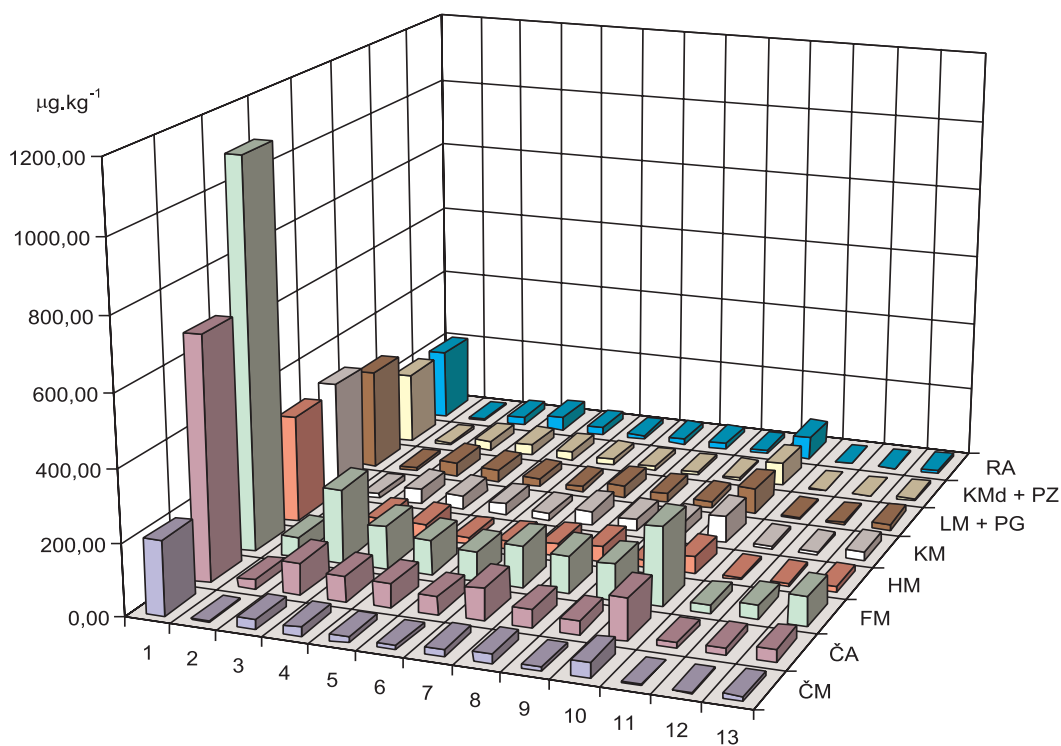
Z údajov uvedených v tab. 16, ako aj na obr. 8 vidieť, že najvyššie priemerné hodnoty sumy PAU boli zistené pri fluvizemiach (viac ako 1 000 mg.kg⁻¹), čiastočne aj pri čierniciach na aluviálnych sedimentoch. To len potvrdzuje predchádzajúce konštatovanie. Je to zrejme spôsobené množstvom rôzne znečistených vodných príjmateľov a ich náplavov na okolité pôdy. U ostatných pôd sú hodnoty sumy PAU pomerne vyrovnané a pohybujú sa prevažne v rozpätí 200 - 300 mg PAU.kg⁻¹.

Podobnú tendenciu, ako celkový obsah PAU vykazujú aj jednotlivé uhľovodíky. Ich najvyššie zastúpenie sme zistili tiež pri fluvizemiach a čierniciach. Z ich vzájomného porovnania boli zistené najnižšie obsahy pri antracéne a peryléne (2 - 3 %), najnižšie pri indeno (1,2,3) pyréne, benzo (g,h,i) peryléne a benzo (j,k) fluoranténe (10 - 20 %). Podobné hodnoty zistil aj Berset et al. (1995), najmä v súvislosti s vyššími obsahmi benzofluoranténov v poľnohospodárskych pôdach Švajčiarska. Posledne menované uhľovodíky sme zistili v značnej miere na lokalitách antropogénne znečistených, kde ich zastúpenie presahovalo často i 20 % z celkového obsahu PAU. Keďže sa navyše jedná o uhľovodíky, ktoré vykazujú mutagénne a karcinogénne účinky (Aiken et al., 1991) ich monitoring má z hygienického hľadiska veľký význam.

Experimentálnymi analýzami vybraného súboru vzoriek sa zistoval vzťah medzi obsahom PAU a kvalitou humusu. Predbežné závery sú nasledovné:

- Množstvo PAU sorbovaných na humínové kyseliny závisí od chemického zloženia humínových kyselín, ako od množstva. Humínové kyseliny s vyšším stupňom humifikácie (podľa $E^{1\%}_6$), s vyšším obsahom uhlíka a s vyšším podielom aromatického uhlíka v porovnaní s alifatickým uhlíkom a s vyšším podielom karboxylových funkčných skupín viažu väčšie množstvo PAU a relatívne najviac fenantrénu.
- Zo zistených závislostí vyplýva, že monitoring množstva, ale najmä kvality humusu má veľký význam aj z hľadiska znečistenia pôd PAU.

Obr. 8 Zastúpenie jednotlivých PAU v pôdnych typoch SR



1 - Polycyklické aromatické uhľovodíky (celkom), 2 - Benzo (a) antracén, 3 - Benzo (b,j,k) fluorantén, 4 - Benzo (g,h,i) perylén, 5 - Benzo (a) pyrén, 6 - Benzo (e) pyrén, 7 - Chryzén, 8 - Fenantrénu, 9 - Fluorantén, 10 - Indenol (1,2,3,) pyrén, 11 - Antracén, 12 - Perylén, 13 - Pyrén,

1 - PAHs, 2 - Benzo (a) anthracene, 3 - Benzo (b,j,k) fluoranthene, 4 - Benzo (g,h,i) perylene, 5 - Benzo (a) pyrene, 6 - Benzo (e) pyrene, 7 - Chrysene, 8 - Fenanthrene, 9 - Fluoranthene, 10 - Indeno (1,2,3) pyrene, 11 - Anthracene, 12 - Perylene, 13 - Pyrene

ČM - Haplic Chernozem (according to FAO), ČA - Fluvi - gleyic Phaeozem, FM - Fluvisol, HM - Orthic Luvisol, KM - Cambisol, LM - Albic Luvisol, PG - Podzolluvisols (Glossic Luvisol), KMd - Dystric Cambisol, PZ - Podzol, RA - Rendzina

CONTENTS OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHS) IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA

PAHs are the most observed parameter in soils among organic pollutants. The other organic pollutants have been indicated only sporadically so-called „point by point“ or like local soil contamination (see the Chapter 8, Tab. 18).

Based on map 13 and Tab. 16 it may be said: the average content of PAHs (sum of 12 components from EPA standard PAHs) has been indicated $387 \mu\text{g.kg}^{-1}$ in soils of Slovakia. This one is low and occur under A hygienic limit. The maximum values over the A hygienic limit: from $1000 \mu\text{g.kg}^{-1}$ to $9439 \mu\text{g.kg}^{-1}$ have been indicated (in A horizon) only sporadically in soil samples from deposits of some rivers, what is probably caused by PAHs transport from waste deposits, sewage sludge or by the other resources caused by inundation activity of rivers. In the regions of presupposed influence of global or regional emissions transport, the maximum PAHs contents are lower, in range $1\ 000 \mu\text{g.kg}^{-1}$ to $4\ 950 \mu\text{g.kg}^{-1}$.

Notes to enclosures:

Map 13 PAHs contents (sum of 12 components from EPA PAHs) in agricultural soils of Slovakia

Tab. 16 Average contents of components and sum of PAHs in agricultural soils of Slovakia

Soil types: ČM - Chernozem, ČA - Fluvi-gleyic Phaeozem, FM - Fluvisol, HM - Orthic Luvisol, KM - Cambisol. LM+PG - Planosol + Albo-gleyic Luvisol (Glossic Luvisol), Km_d + PZ - Dystric Cambisol + Ferro - humic Podzol, RA - Rendzina.

Fig. 8 Average content of components and sum of PAH in agricultural soil types

Soil types: ČM - Chernozem, ČA - Fluvi-gleyic Phaeozem, FM - Fluvisol, HM - Orthic Luvisol, KM - Cambisol. LM+PG - Planosol + Albo-gleyic Luvisol (Glossic Luvisol), Km_d + PZ - Dystric Cambisol + Ferro - humic Podzol, RA - Rendzina.

8. PLOŠNÝ PRIESKUM ZNEČISTENIA POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SR

Rokom 1995 bol ukončený I. cyklus „Plošného prieskumu znečistenia pôd“ (ďalej PPKP) ako podsystému „Čiastkového monitorovacieho systému - Pôda“ (ďalej len ČMS-P). Z dôvodov racionálneho využívania vynaložených prostriedkov je úzko prepojený na systém agrochemického skúšania pôd (ďalej ASP). Práve to je dôvod, že PPKP sa vykonáva v 5-ročnom cykle s ročným sklzom voči ASP, to znamená, že I. cyklus PPKP realizovaný v rokoch 1991 - 1995 zodpovedá cyklu ASP na roky 1990 - 1994.

Počet analyzovaných pôdných vzoriek z jednotlivých katastrálnych území, reprezentujúci ekvivalentný počet honov je závislý na viac-menej objektívnom predpoklade zataženosti pôd určitých regiónov. Základná podmienka pre „plošný charakter“ získaných údajov sa týmto spôsobom zabezpečí, pričom sa minimalizujú náklady.

VÝSLEDKY:

V rokoch 1991 - 1995 sa analyzovali v rámci PPKP pôdne vzorky z celkom 19 257 pôdných honov, čo predstavuje 782 905 ha - údaj v tab. 17. Z uvedeného počtu sa nadlimitný obsah aspoň jedného zo sledovaných kontaminantov zistil na 3 539 honoch, čo predstavuje výmeru 119 680 ha, t.j. 15,3 %. Údaje podľa okresov a krajov sú v tab. 17 a 18 aj s uvedením % podielu honov s nadlimitným obsahom znečistenín.

Primárna báza dát sa používa pre detailné vypracovanie údajov podľa poľnohospodárskych subjektov s lokalizáciou na jednotlivé hony.

Z dôvodov prehľadu uvádzame, že v rokoch 1990 - 1994 sa na pracoviskách ÚKSÚP-u v rámci ASP analyzovalo celkom 160 757 pôdných vzoriek z celkom 55 759 honov. Pre makroprvky bol limit prekročený na 2 110 honoch pre fosfor a 7 039 honoch pre draslík.

Z pohľadu vykonaných analýz sa v rámci PPKP celkom analyzovalo 21 322 pôdných vzoriek a vykonalo 107 314 analýz, pri 40 sledovaných parametroch (10 anorganických a 30 organických). Z uvedeného počtu vzoriek bol nadlimitný obsah sledovaných znečistenín zistený v 3 915 vzorkách, čo je 18,4 %.

Tab.17 Prehľad výmery a počtu všetkých kontrolovaných a nadlimitných honov na obsah škodlivých látok podľa bývalých okresov a krajov Slovenska (cyklus 1991 - 1995)

| Názov okresu | kontrolované | | nadlimitné | | |
|------------------------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------|------|
| | ha | hony | ha | hony | % |
| Bratislava | 6 759,00 | 240 | 232,00 | 43 | 17,9 |
| Bratislava - vidiek | 23 133,00 | 552 | 864,00 | 82 | 14,9 |
| Dunajská Streda | 31 246,68 | 558 | 1 051,18 | 20 | 3,6 |
| Galanta | 26 138,80 | 368 | 657,00 | 8 | 2,2 |
| Komárno | 27 819,00 | 456 | 241,00 | 5 | 1,1 |
| Levice | 34 419,74 | 563 | 5 237,00 | 82 | 14,6 |
| Nitra | 32 153,86 | 529 | 1 662,80 | 23 | 4,3 |
| Nové Zámky | 26 474,25 | 415 | 783,00 | 12 | 2,9 |
| Senica | 29 131,00 | 641 | 1 130,00 | 19 | 3,0 |
| Topoľčany | 29 149,40 | 534 | 2 167,00 | 40 | 7,5 |
| Trenčín | 17 045,00 | 554 | 354,00 | 13 | 2,3 |
| Trnava | 33 375,10 | 622 | 83,00 | 4 | 0,6 |
| Západoslovenský kraj | 316 844,03 | 6 032 | 14 461,98 | 351 | |
| Banská Bystrica | 13 516,00 | 443 | 3 644,00 | 149 | 33,6 |
| Čadca | 5 975,90 | 281 | 2 652,70 | 145 | 51,6 |
| Dolný Kubín | 14 630,20 | 456 | 6 372,60 | 172 | 37,7 |
| Liptovský Mikuláš | 16 266,00 | 518 | 2 981,00 | 100 | 19,3 |
| Lučenec | 18 593,00 | 565 | 1 067,00 | 29 | 5,1 |
| Martin | 13 601,00 | 548 | 3 381,00 | 154 | 28,1 |
| Považská Bystrica | 12 340,90 | 462 | 2 124,00 | 85 | 18,4 |
| Prievidza | 13 319,10 | 493 | 3 786,10 | 158 | 32,0 |
| Rimavská Sobota | 29 485,00 | 683 | 892,00 | 16 | 2,3 |
| Veľký Krtíš | 27 282,00 | 711 | 130,00 | 8 | 1,1 |
| Zvolen | 23 433,80 | 794 | 3 340,00 | 133 | 16,8 |
| Žiar nad Hronom | 9 467,00 | 327 | 4 228,00 | 137 | 41,9 |
| Žilina | 10 772,30 | 522 | 2 078,00 | 123 | 23,6 |
| Stredoslovenský kraj | 208 682,20 | 6 803 | 36 676,40 | 1 409 | |
| Bardejov | 14 606,00 | 414 | 2 846,00 | 82 | 19,8 |
| Humenné | 21 288,00 | 725 | 3 541,00 | 132 | 18,2 |
| Košice | 2 978,00 | 55 | 281,00 | 6 | 10,9 |
| Košice - vidiek | 36 424,50 | 631 | 10 558,00 | 198 | 31,4 |
| Michalovce | 34 826,00 | 637 | 8 140,00 | 155 | 24,3 |
| Poprad | 22 736,00 | 568 | 6 815,00 | 166 | 29,2 |
| Prešov | 25 012,50 | 656 | 4 650,00 | 119 | 18,1 |
| Rožňava | 13 860,00 | 430 | 6 036,00 | 173 | 40,2 |
| Spišská Nová Ves | 19 983,00 | 645 | 10 606,00 | 381 | 59,1 |
| Stará Ľubovňa | 9 323,00 | 262 | 4 686,00 | 130 | 49,6 |
| Svidník | 8 520,00 | 256 | 2 191,00 | 59 | 23,0 |
| Trebišov | 34 559,00 | 817 | 6 368,00 | 126 | 15,4 |
| Vranov nad Topľou | 13 262,90 | 326 | 1 824,00 | 52 | 16,0 |
| Východoslovenský kraj | 257 378,90 | 6 422 | 68 542,00 | 1 779 | |
| Spolu SR | 782 905,13 | 19 257 | 119 680,38 | 3 539 | |

Tab. 18 Prehľad minimálneho a maximálneho obsahu škodlivých látok v mg.kg⁻¹ suchej pôdy zistených v plošnom prieskume znečistenia poľnohospodárskych pôd bývalých okresov SR

| Okresy | Chróom | | Kobalt | | Nikel | | Meď | | Zinok | |
|---------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|--------|-------|--------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| Bratislava | 0,40 | 6,80 | - | - | 0,20 | 4,20 | 3,70 | 169,80 | 3,50 | 63,00 |
| Bratislava - vidiek | 0,40 | 20,80 | - | - | 0,50 | 12,20 | 5,50 | 163,30 | 4,70 | 47,20 |
| Dunajská Streda | 0,18 | 5,20 | - | - | 3,50 | 11,80 | 7,30 | 25,90 | 6,70 | 17,80 |
| Galanta | 0,21 | 6,30 | 1,90 | 4,50 | 4,80 | 35,00 | 7,40 | 54,00 | 7,10 | 18,20 |
| Komárno | 0,20 | 12,10 | - | - | 0,80 | 10,20 | - | - | - | - |
| Levice | 0,15 | 15,70 | - | - | 2,00 | 9,30 | 4,10 | 27,60 | 5,30 | 433,00 |
| Nitra | 0,12 | 16,10 | 0,80 | 4,60 | 2,90 | 7,80 | 3,10 | 12,70 | 2,70 | 21,00 |
| Nové Zámky | 0,30 | 10,80 | - | - | 1,60 | 8,90 | - | - | - | - |
| Senica | 0,29 | 49,40 | - | - | ,30 | 17,50 | - | - | - | - |
| Topoľčany | 0,03 | 102,00 | - | - | 2,00 | 11,00 | - | - | - | - |
| Trenčín | 0,40 | 3,90 | - | - | 0,40 | 14,00 | - | - | 6,00 | 23,90 |
| Trnava | 0,50 | 7,40 | - | - | 2,30 | 9,10 | 4,40 | 24,00 | 7,00 | 28,10 |
| Banská Bystrica | 0,50 | 11,40 | 0,80 | 7,80 | 0,40 | 19,10 | 1,80 | 9,20 | 4,90 | 54,00 |
| Čadca | 0,70 | 52,80 | - | - | 0,90 | 42,50 | - | - | - | - |
| Dolný Kubín | 0,90 | 20,60 | - | - | 0,40 | 16,00 | 2,20 | 20,90 | 4,70 | 90,50 |
| Liptovský Mikuláš | 0,90 | 104,60 | - | - | 0,20 | 17,50 | 6,30 | 13,00 | 9,00 | 35,70 |
| Lučenec | 0,30 | 12,20 | - | - | 0,30 | 6,50 | - | - | - | - |
| Martin | 0,13 | 20,00 | - | - | 1,00 | 16,10 | - | - | - | - |
| Považská Bystrica | 1,30 | 9,80 | - | - | 4,20 | 34,10 | - | - | - | - |
| Prievidza | 0,41 | 79,70 | - | - | 0,50 | 18,80 | - | - | - | - |
| Rimavská Sobota | 0,60 | 16,73 | - | - | 0,30 | 9,20 | - | - | - | - |
| Veľký Krτίš | 0,60 | 8,70 | - | - | 0,10 | 8,40 | - | - | - | - |
| Zvolen | 0,27 | 15,30 | 2,20 | 6,80 | 0,90 | 4,00 | 2,30 | 5,20 | 5,60 | 11,70 |
| Žiar nad Hronom | 0,40 | 10,40 | 1,20 | 10,46 | 0,20 | 12,10 | 1,60 | 24,19 | 5,60 | 72,00 |
| Žilina | 0,80 | 51,80 | - | - | 1,60 | 13,60 | - | - | - | - |
| Bardejov | 0,23 | 40,70 | - | - | 1,50 | 18,00 | - | - | - | - |
| Humenné | 0,70 | 7,60 | - | - | 1,10 | 17,30 | 5,50 | 13,19 | 4,36 | 13,20 |
| Košice | 1,40 | 3,70 | - | - | - | - | - | - | 3,80 | 67,90 |
| Košice - vidiek | 0,55 | 16,00 | - | - | 2,30 | 11,40 | 3,20 | 116,00 | 4,62 | 130,00 |
| Michalovce | 0,30 | 10,90 | - | - | 0,60 | 10,90 | - | - | - | - |
| Poprad | 0,70 | 13,30 | - | - | 0,70 | 12,30 | 1,80 | 8,60 | 3,70 | 36,90 |
| Prešov | 0,27 | 14,56 | - | - | 2,10 | 12,90 | - | - | - | - |
| Rožňava | 0,12 | 11,47 | - | - | 3,40 | 34,90 | 3,30 | 28,50 | 2,01 | 98,72 |
| Spišská Nová Ves | 0,50 | 33,35 | 1,00 | 14,91 | 1,80 | 50,00 | 2,10 | 275,00 | 2,18 | 132,90 |
| Stará Lubovňa | 0,67 | 17,96 | - | - | 2,00 | 9,00 | - | - | - | - |
| Svidník | 0,50 | 10,25 | - | - | 2,00 | 7,20 | - | - | - | - |
| Trebišov | 0,56 | 8,81 | - | - | 0,90 | 22,30 | 6,63 | 11,04 | 6,34 | 12,48 |
| Vranov nad Topľou | 0,11 | 9,60 | - | - | - | - | - | - | - | - |

pokračovanie Tab. 18

| Okresy | Arzén | | Kadmium | | Ortuť | | Olovo | | Min. oleje | |
|---------------------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|------------|-------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| Bratislava | <2,00 | 3,40 | <0,05 | 0,62 | 0,020 | 0,370 | 4,00 | 34,60 | 0,0 | 242,3 |
| Bratislava - vidiek | <2,00 | 8,10 | 0,02 | 1,65 | 0,018 | 0,400 | 0,11 | 44,40 | 0,0 | 39,0 |
| Dunajská Streda | <2,00 | 2,30 | 0,06 | ,036 | 0,020 | 0,190 | 4,00 | 22,00 | 0,0 | 143,0 |
| Galanta | <2,00 | <2,00 | 0,06 | 0,69 | 0,020 | 0,090 | 4,50 | 46,50 | 0,0 | 20,0 |
| Komárno | <2,00 | 6,10 | 0,05 | 0,39 | 0,016 | 0,180 | 2,50 | 25,50 | - | - |
| Levice | <2,00 | 6,40 | <0,05 | 15,50 | 0,034 | 0,790 | 4,90 | 658,00 | - | - |
| Nitra | 1,90 | 3,30 | 0,03 | 0,46 | 0,030 | 2,780 | 4,40 | 41,30 | - | - |
| Nové Zámky | <2,00 | <2,00 | 0,05 | 5,70 | 0,021 | 0,080 | 4,10 | 124,00 | - | - |
| Senica | <2,00 | <2,00 | 0,03 | 1,26 | 0,010 | 0,260 | 1,60 | 24,60 | 0,0 | 535,5 |
| Topoľčany | 1,00 | 14,30 | 0,01 | 0,85 | 0,027 | 0,270 | 3,20 | 104,80 | - | - |
| Trenčín | <2,00 | 2,10 | 0,04 | 0,46 | 0,028 | 0,300 | 4,90 | 40,30 | - | - |
| Trnava | <2,00 | <2,00 | 0,05 | 0,42 | 0,020 | 0,361 | 5,70 | 77,00 | - | - |
| Banská Bystrica | <2,00 | 94,00 | 0,06 | 1,75 | 0,047 | 2,335 | 2,28 | 114,20 | - | - |
| Čadca | <2,00 | 4,80 | 0,10 | 1,43 | 0,050 | 0,333 | 9,20 | 58,00 | - | - |
| Dolný Kubín | <2,00 | 3,00 | 0,08 | 1,20 | 0,040 | 0,300 | 5,50 | 37,30 | - | - |
| Liptovský Mikuláš | <2,00 | <2,00 | 0,05 | 0,85 | 0,040 | 0,396 | 3,10 | 290,70 | - | - |
| Lučenec | <2,00 | 3,80 | 0,03 | 2,09 | 0,022 | 1,220 | 5,20 | 59,18 | - | - |
| Martin | <2,00 | 6,40 | 0,022 | 1,53 | 0,030 | 0,154 | <0,50 | 50,49 | - | - |
| Považská Bystrica | <2,00 | 4,00 | 0,07 | 0,79 | 0,040 | 0,160 | 4,00 | 32,20 | - | - |
| Prievidza | 0,99 | 40,50 | 0,05 | 0,42 | 0,040 | 0,490 | 1,01 | 26,80 | 0,0 | 68,0 |
| Rimavská Sobota | <2,00 | 6,10 | 0,01 | 1,60 | 0,036 | 0,151 | 4,70 | 63,00 | - | - |
| Veľký Krtíš | <2,00 | <2,00 | 0,03 | 0,89 | 0,034 | 0,980 | 1,44 | 33,80 | - | - |
| Zvolen | <2,00 | 2,10 | 0,05 | 13,61 | 0,033 | 1,530 | 7,70 | 1833,0 | 0,0 | 25,0 |
| Žiar nad Hronom | 1,90 | 28,30 | 0,04 | 3,35 | 0,040 | 4,050 | 1,50 | 372,00 | - | - |
| Žilina | <2,00 | <2,00 | 0,09 | 0,70 | 0,040 | 0,130 | 2,56 | 61,00 | - | - |
| Bardejov | <2,00 | <2,00 | 0,07 | 1,53 | 0,031 | 0,259 | 2,90 | 21,00 | - | - |
| Humenné | <2,00 | <2,00 | 0,02 | 1,52 | 0,040 | 0,112 | 6,90 | 30,40 | - | - |
| Košice | - | - | 0,04 | 1,12 | 0,060 | 1,010 | 10,90 | 432,00 | - | - |
| Košice - vidiek | <2,00 | 3,20 | 0,02 | 1,77 | 0,040 | 3,380 | 5,40 | 213,00 | - | - |
| Michalovce | <2,00 | 2,60 | 0,03 | 1,26 | 0,025 | 0,245 | 4,70 | 22,40 | - | - |
| Poprad | <2,00 | 2,10 | 0,03 | 1,15 | 0,056 | 0,290 | 4,30 | 48,52 | - | - |
| Prešov | <2,00 | <2,00 | 0,03 | 0,96 | 0,026 | 0,138 | 4,20 | 29,70 | - | - |
| Rožňava | <2,00 | 16,60 | 0,04 | 2,98 | 0,050 | 7,320 | 4,12 | 67,70 | - | - |
| Spišská Nová Ves | <2,00 | 36,40 | <0,05 | 1,79 | 0,071 | 50,690 | 4,70 | 124,00 | - | - |
| Stará Lubovňa | <2,00 | <2,00 | 0,08 | 0,71 | 0,039 | 0,136 | 6,34 | 21,29 | - | - |
| Svidník | <2,00 | <2,00 | 0,05 | 0,60 | 0,052 | 0,125 | 5,20 | 22,70 | - | - |
| Trebišov | <2,00 | 5,20 | 0,03 | 0,97 | 0,027 | 0,210 | 0,15 | 57,60 | 0,0 | 76,0 |
| Vranov nad Topľou | - | - | 0,10 | 0,67 | 0,050 | 0,190 | 4,49 | 166,10 | - | - |

pokračovanie Tab. 18

| Okresy | PAU | | PCB | | Chlórované uhľovodíky | | Chlórované fenoly | |
|---------------------|-------|-------|---------|---------|--------------------------|---------|----------------------|---------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| Bratislava | 0,004 | 0,055 | - | - | 0,00000 | 0,04800 | - | - |
| Bratislava - vidiek | - | - | - | - | 0,00160 | 0,09151 | 0,00000 | 0,00517 |
| Dunajská Streda | 0,003 | 0,128 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00672 | 0,03818 | 0,00000 | 0,09200 |
| Galanta | - | - | - | - | - | - | 0,00000 | 0,00010 |
| Komárno | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Levice | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Nitra | - | - | 0,00000 | 0,06200 | - | - | - | - |
| Nové Zámky | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Senica | 0,000 | 0,341 | - | - | - | - | - | - |
| Topoľčany | 0,002 | 1,734 | 0,00000 | 0,56000 | - | - | - | - |
| Trenčín | - | - | 0,00000 | 0,00000 | - | - | - | - |
| Trnava | - | - | 0,00000 | 0,00000 | - | - | - | - |
| Banská Bystrica | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Čadca | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Dolný Kubín | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Liptovský Mikuláš | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lučenec | - | - | 0,00000 | 0,87000 | - | - | - | - |
| Martin | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Považská Bystrica | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Prievidza | 0,000 | 0,286 | - | - | - | - | - | - |
| Rimavská Sobota | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Veľký Krtíš | - | - | 0,00000 | 0,05000 | - | - | - | - |
| Zvolen | - | - | 0,00000 | 0,00031 | - | - | - | - |
| Žiar n. Hronom | - | - | 0,00000 | 0,09000 | - | - | - | - |
| Žilina | 0,000 | 1,151 | 0,00000 | 0,78640 | 0,00080 | 0,01960 | - | - |
| Bardejov | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Humenné | - | - | 0,00000 | 0,00600 | 0,00080 | 0,10700 | - | - |
| Košice | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Košice - vidiek | 0,005 | 0,166 | - | - | - | - | - | - |
| Michalovce | - | - | 0,00000 | 0,12820 | - | - | - | - |
| Poprad | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Prešov | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rožňava | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Spišská Nová Ves | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Stará Ľubovňa | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Svidník | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trebišov | 0,002 | 0,196 | - | - | - | - | - | - |
| Vranov n. Topľou | - | - | - | - | - | - | - | - |

AREA SOIL CONTAMINATION SURVEY OF AGRICULTURAL SOILS IN SLOVAKIA

This subsystem of „Partial Monitoring System - Soil“ has been utilized the part of soil samples from national agrochemical testing network of soils in Slovakia. There has been indicated the risk trace elements contents and organic pollutants in soil samples. Mixed soil samples have been taken only from surface horizon of agricultural plots. In 1st cycle soil samples were taken from 19 257 selected agricultural plots. Obtained results of this subsystem of soil monitoring are presented in Tab. 20 and 21 according individual districts, regions and all Slovakia.

Notes to enclosures:

Tab. 17. Review of area of checked plots number and risk trace elements content over the hygienic limit according to districts and regions of Slovakia

| Name of district | Checked plots with risk trace | | elements content over the hygienic limit | | |
|------------------|-------------------------------|--------|--|--------|--------------------|
| | ha | number | ha | number | % of checked plots |
| | | | | | |

Tab. 18. Review of indicated risk trace elements content (minimum and maximum values) in $\mu\text{g.kg}^{-1}$ according to districts and regions of Slovakia

| Name of district | Cr | | Co | | Ni | | Cu | | Zn | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| | | | | | | | | | | |

| Name of district | As | | Cd | | Hg | | Pb | | Min. oil | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| | | | | | | | | | | |

| Name of district | PAH | | PCB | | Halogenated hydrocarbons | | Halogenated phenols | |
|------------------|------|------|------|------|--------------------------|------|---------------------|------|
| | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| | | | | | | | | |

9. OBSAH A ZLOŽENIE HUMUSU V PÔDACH SR

Obsah a zloženie humusu patrí k najdôležitejším vlastnostiam pôd sledovaných v čiastkovom monitorovacom systéme - pôda. Humus v rozhodujúcej miere podmieňuje produkčné, aj mimoprodukčné funkcie pôd. Má významný, až rozhodujúci podiel na akumulácii a regulácii režimu živín na akumulácii vody a regulácii jej režimu, významný podiel na termoregulácii pôd a vo významnej miere sa podieľa na väzbe anorganických aj organických rizikových látok (tzv. sanitárna, alebo hygienická funkcia). Okrem toho je akumulátorom slnečnej energie transformovanej prostredníctvom fotosyntézy rastlín zo zvyškov ktorých humus vznikol. Aj keď uvedené funkcie sú realizované v rôznej miere všetkou pôdnou organickou hmotou, predmetom monitoringu je len humus.

Veľká časť pôdnej organickej hmoty je v priebehu roka veľmi dynamická množstvom i zložením, preto môže byť predmetom monitoringu pôd (t.j. sledovania nevratných, resp. dlhodobu nevratných zmien) len jej relatívne stabilná časť - humus. Pretože jeho definícia nie je jednotná v monitoringu pôd sa za humus považuje jednoducho tá časť pôdnej organickej hmoty, ktorá vstupuje do reakcií pri štandardných metódach používaných pre určenie jeho obsahu a kvalitatívneho zloženia v pôde.

Obsah (stabilného) humusu a jeho zloženie, ako sme ho definovali vyššie je relatívne menej závislý od vstupov do pôd v procese ich poľnohospodárskeho využívania (množstvo zvyškov rastlín, hnojenie organickými hnojivami, vápnenie ...) a omnoho viac od hydrotermického režimu určitého územia, ktoré určujú intenzitu procesov rozkladu časti pôdnej organickej hmoty, ďalej od genézy pôd (časť humusu mnohých typov pôd má podľa radiouhlíkovej metódy ^{14}C aj niekoľko tisíc rokov a vznikla za veľmi odlišných hydrotermických podmienok) a od erózo - akumulčných procesov. Z týchto dôvodov sa v monitoringu pôd sleduje obsah a zloženie humusu osobitne v jednotlivých pôdnych subtypoch v hlavných klimatických regiónoch SR a v rámci nich v rôznych podmienkach pôsobenia erózo - akumulčných procesov. Do úvahy sa samozrejme berie aj intenzita a charakter poľnohospodárskeho využívania. Podľa tohto princípu uvádzame aj súčasnú charakteristiku obsahu a zloženia humusu v pôdach SR.

9.1 SÚČASNÝ STAV OBSAHU A KVALITATÍVNEHO ZLOŽENIA HUMUSU V POLNOHOSPODÁRSKÝCH PÔDACH SR

Súčasný stav uvádzame podľa hlavných typov poľnohospodárskych pôd SR v tab. 19 a obr. 9, 10.

Obsah humusu je pre jednotlivé pôdne typy charakteristický. Najnižší je v hnedozemiach, pseudoglejoch a luvizemiach, ale hlavne v regozemiach na pieskoch. Charakteristika posledne menovaného typu je však skreslená tým, že v regozemiach sú zaradené aj pôdy s A horizontom na sprašiach (po odstránení pôvodných pôd eróziou) s relatívne vyšším obsahom humusu.

Tab. 19 Množstvo a kvalita humusu v pôdných typoch poľnohospodárskych pôd SR

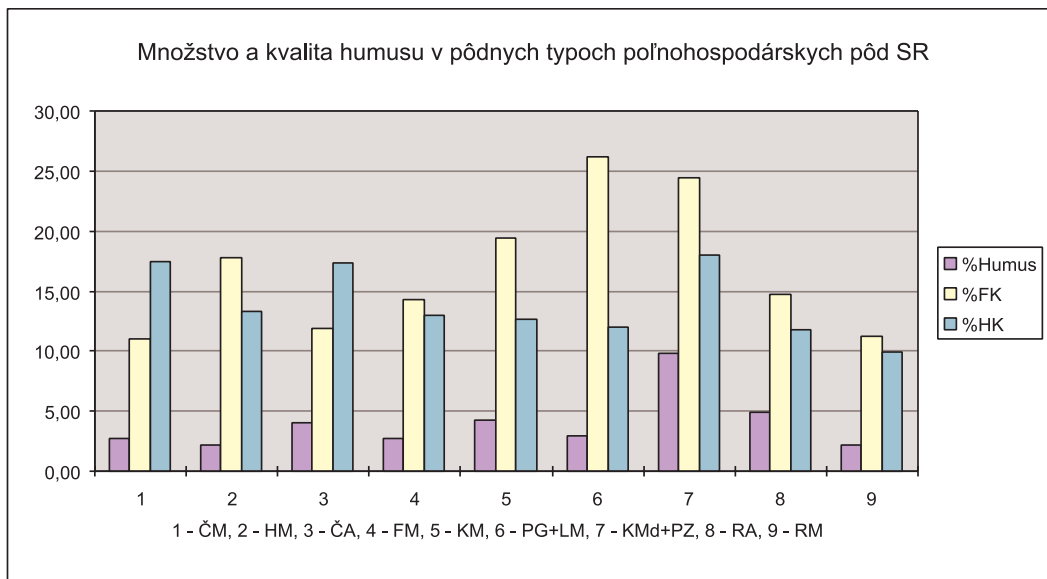
| Pôdny typ | C _{ox} | | % Humus | | % FK | | % HK | | HK/FK | | Q _{4/6} | |
|-----------|-----------------|------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|------|
| | x | s | x | s | x | s | x | s | x | s | x | s |
| ČM | 1,55 | 0,31 | 2,68 | 0,53 | 11,06 | 2,89 | 17,46 | 5,87 | 1,68 | 0,74 | 4,03 | 0,2 |
| HM | 1,24 | 0,33 | 2,14 | 0,58 | 17,75 | 5,61 | 13,36 | 3,35 | 0,79 | 0,26 | 4,86 | 0,65 |
| ČA | 2,34 | 0,75 | 4,04 | 1,3 | 11,84 | 2,96 | 17,32 | 4,76 | 1,57 | 0,69 | 3,9 | 0,3 |
| FM | 1,6 | 0,45 | 2,76 | 0,8 | 14,25 | 4,39 | 12,96 | 3,83 | 0,98 | 0,44 | 4,64 | 0,53 |
| KM | 2,48 | 1,31 | 4,28 | 2,26 | 19,39 | 4,12 | 12,64 | 2,85 | 0,67 | 0,22 | 5,4 | 0,67 |
| PG+LM | 1,7 | 0,88 | 2,94 | 1,52 | 26,22 | 50,45 | 11,97 | 2,93 | 0,66 | 0,2 | 5,09 | 0,59 |
| KMd+PZ | 5,67 | 4,4 | 9,77 | 7,59 | 24,45 | 7,83 | 17,99 | 11,53 | 0,7 | 0,25 | 5,98 | 0,51 |
| RA | 2,87 | 1,22 | 4,94 | 2,11 | 14,74 | 4,09 | 11,81 | 2,35 | 0,87 | 0,32 | 4,92 | 0,56 |
| RM | 1,23 | 0,39 | 2,13 | 0,68 | 11,23 | 5,18 | 9,93 | 4,02 | 0,93 | 0,21 | 4,76 | 0,52 |

x - aritmetický priemer, s - smerodajná odchýlka, C_{ox} - množstvo oxidovateľného uhlíka v humuse, FK - množstvo uhlíka vo fulvokyselinách, HK - množstvo uhlíka v humínových kyselinách, Q_{4/6} - optická hustota roztoku humusových látok pri 400 a 600 nm.

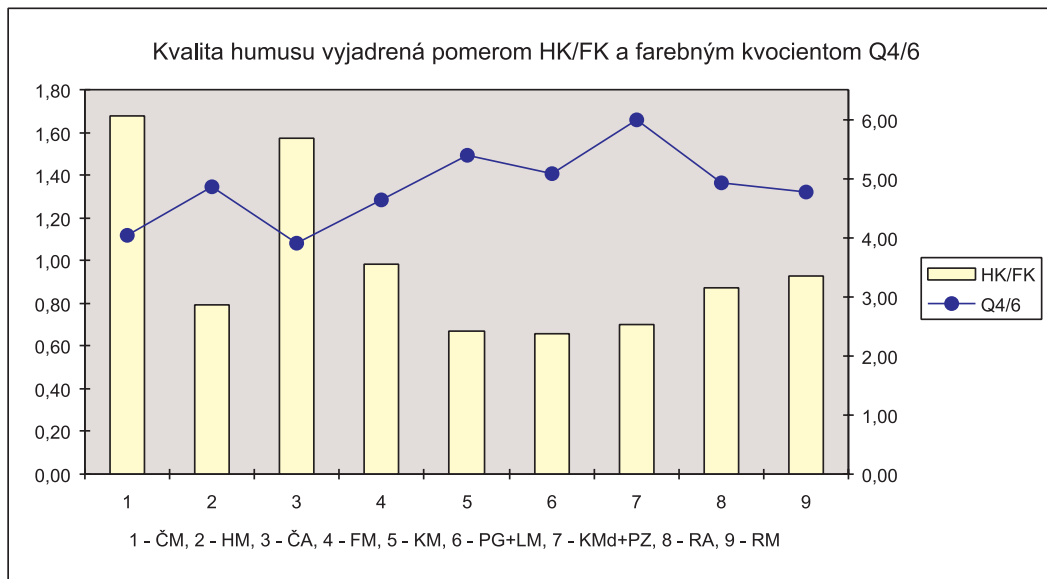
Len o málo väčší obsah humusu, ako majú hnedozeme, pseudogleje a luvizeme, majú černozeme, čiernice a fluvizeme, ale kvalitatívna skladba vyjadrená vyšším podielom humínových kyselín je odlišná.

Najväčší obsah humusu majú typické horské a vysokohorské pôdy: kambizeme dystrické s podzolmi a rendziny, aj keď kvalitatívna skladba týchto dvoch skupín pôd vyjadrená podielom humínových kyselín k fulvokyselinám je veľmi odlišná.

Kvalita humusu je vyjadrená pomerom humínových kyselín k fulvokyselinám a farebným kvocientom Q_{4/6} a je ilustrovaná obr. 10, v ktorom sa neuplatňuje množstvo humusu a jeho zložiek, iba ich pomer.

Obr. 9

Pôdy: ČM - černoze, HM - hnedozem, ČA - čiarnica, FM - fluvizem, KM - kambizem, PG - pseudoglej, LM - luvizem, KMd - kambizem dystrická, PZ - podzol, RA - rendzina, RM - regozem

Obr.10

Pôdy: ČM - černoze, HM - hnedozem, ČA - čiarnica, FM - fluvizem, KM - kambizem, PG - pseudoglej, LM - luvizem, KMd - kambizem dystrická, PZ - podzol, RA - rendzina, RM - regozem

Parametre obsahu a kvalitatívnej skladby humusu, ktoré sú v tejto časti uvedené ukazujú, že sú podmienené jednak genézou pôd (humus tmavých molických a melanických horizontov černoziemí, čiernic a rendzín, ktorý je odlišný od humusu ostatných pôd) a jednak rozdielnymi hydrotermickými podmienkami rozkladu organickej hmoty a tvorby humusu, čo je viditeľné pri porovnaní parametrov humusu pôd relatívne teplejších a suchších oblastí (hnedozeme, kambizeme, pseudogleje s luvizemami a regozeme) s pôdami chladnejších a vlhších oblastí s odlišnou intenzitou a charakterom rozkladu organickej hmoty a tvorby humusu (kambizeme dystrické s podzolmi a do istej miery aj rendziny).

Vyšší pomer HK/FK svedčí o väčšom zastúpení humínových kyselín, čo dokazujú aj hodnoty $Q_{4/6}$, ktoré sú vyššie, ak je v humuse menej humínových kyselín.

9.2 DETAILNÁ CHARAKTERISTIKA KVALITATÍVNEHO ZLOŽENIA HUMUSU (HUMÍNOVÝCH KYSELÍN) V POLNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SR

V monitoringu pôd sa budú v ďalších etapách sledovať všetky vyššie uvedené „klasické“ parametre obsahu a kvalitatívnej skladby humusu, ale moderné pôdoznanectvo používa aj detailnejšie metódy charakteristiky kvality humusu, ktoré umožňujú objektívnejšie sledovať zmeny (sú citlivejšie) a z hľadiska poznania humusu a jeho funkcií poskytujú viac informácií.

Prehľad detailných charakteristík kvalitatívnej skladby humusu je venovaný chemickej štruktúre a fyzikálnym (optickým) vlastnostiam len jednej časti humusu - humínovým kyselinám. Štruktúre fulvokyselín sa monitoring zatiaľ nevenuje z dôvodov ich technologicky veľmi náročnej izolácie a nestabilnosti v izolovanom stave.

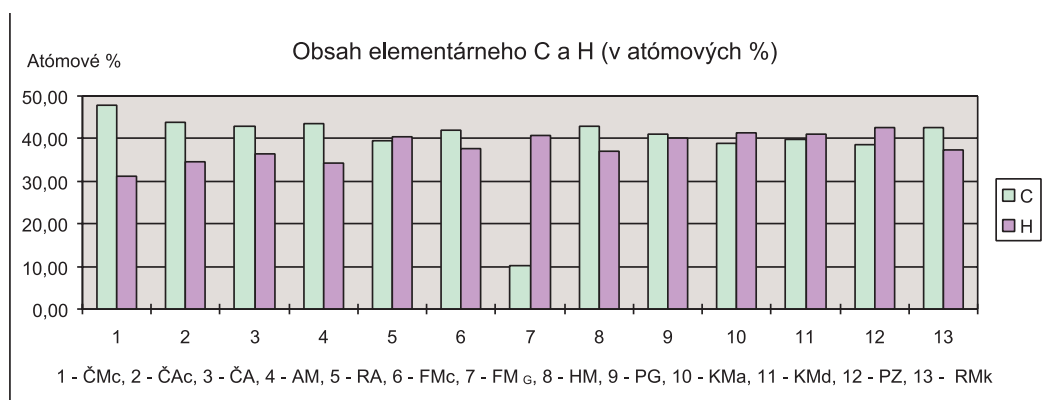
Parametre humínových kyselín sú uvedené v A horizontoch vybraných - reprezentačných pôdných profilov poľnohospodárskych pôd SR (tab. 20. obr. 11, 12, 13, 14). Tieto parametre charakterizujú súčasný stav štruktúry humínových kyselín, t.j. relatívne stabilnú časť humusu poľnohospodárskych pôd, nazývaný aj ako stupeň humifikácie. Je to podiel a do určitej miery aj charakter relatívne stabilnej a menej stabilnej (mineralizovateľnej) časti humínových kyselín. Tento pomer je za nezmenených parametrov faktorov a podmienok humifikácie v ustálenom stave a je charakteristický pre určitý pôdny typ (subtyp). Ak dochádza k výraznejším zmenám ich pôsobenia, menia sa monitorované parametre chemickej štruktúry, čo sa prejavuje najmä v zmenách pomeru parametrov stabilnej a menej stabilnej časti humínových kyselín

(väčšinou ide o zmeny, ktoré podmieňujú procesy hydratácie, hydrogenizácie, dehydrogenizácie). Zo súboru parametrov, ktoré vyjadrujú stupeň humifikácie je teda citlivejšia vlastnosť humusu, ako „klasický“ pomer humínových kyselín k fulvokyselinám, pretože tento sa nemusí meniť a k zmenám v parametroch stupňa humifikácie môže dochádzať, čo vyjadruje skutočný trend zmien kvality humusu.

Indikátormi stupňa humifikácie sú množstvo elementárneho H a C a ich pomer, obsah karboxylových skupín, percentuálne zastúpenie aromatického uhlíka zo sumy aromatického a alifatického uhlíka = stupeň aromatickosti a optický parameter stupňa humifikácie podľa Kumadu (1987).

Z prehľadu stupňa humifikácie jednotlivých pôd (tab. 20, obr. 11 až 14) vidieť nasledovné skupiny pôd: skupinu pôd s humínovými kyselinami s vysokým, až veľmi vysokým stupňom aromatickosti (prevahy aromatických nad alifatickými zložkami) najvyšším obsahom karboxylových skupín a najvyššími hodnotami optického parametra stupňa humifikácie. Takýto charakter humusu (humínových kyselín) je typický pre tmavé - molické a melanické humusové horizonty černoze, čiernice, andozeme (andozemí je v rámci poľnohospodárskych pôd zanedbateľná plocha) a do určitej miery aj pre rendziny.

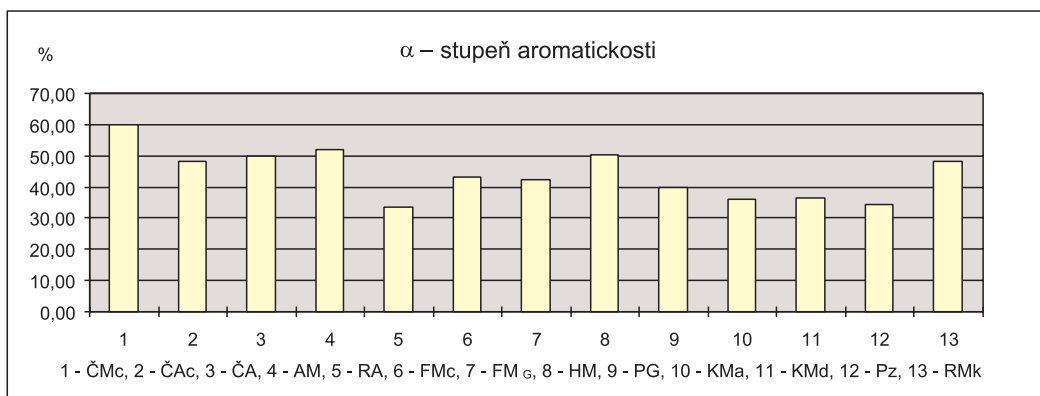
Obr. 11



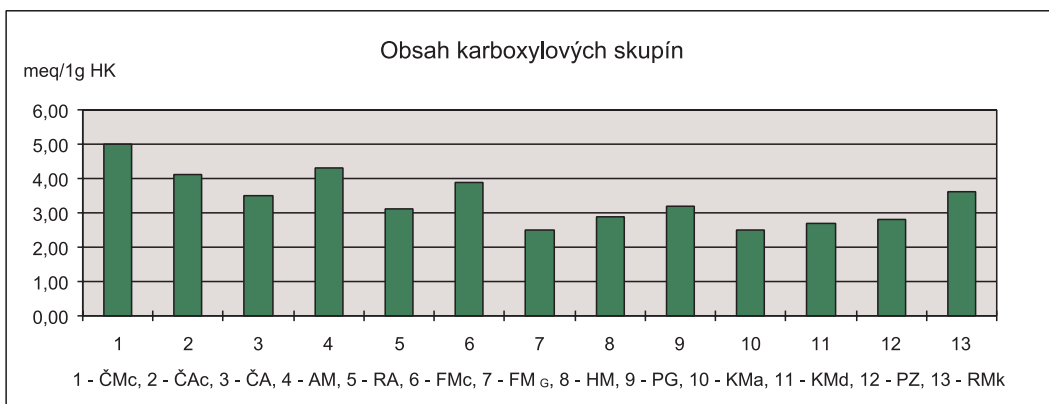
Skupina pôd s podobnými parametrami, ale nižším stupňom humifikácie humínových kyselín s nižšími hodnotami, najmä obsahu karboxylových skupín a optického parametra stupňa humifikácie. Takýto charakter majú humínové kyseliny svetlých - ochrických humusových horizontov fluvizemí, hnedozemí a poľnohospodársky využívaných regozemí na pieskoch. Táto skupina pôd je charakteristická najnižším stupňom humifikácie humínových kyselín, čo sa prejavuje najmä najniž-

ším obsahom karboxylových skupín, najnižším stupňom aromatickosti a najnižšími hodnotami optického parametra stupňa humifikácie.

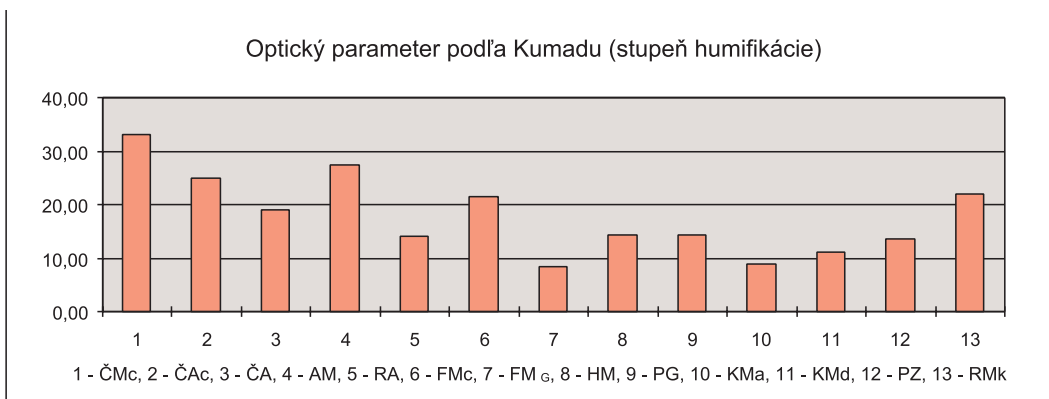
Obr. 12



Obr. 13

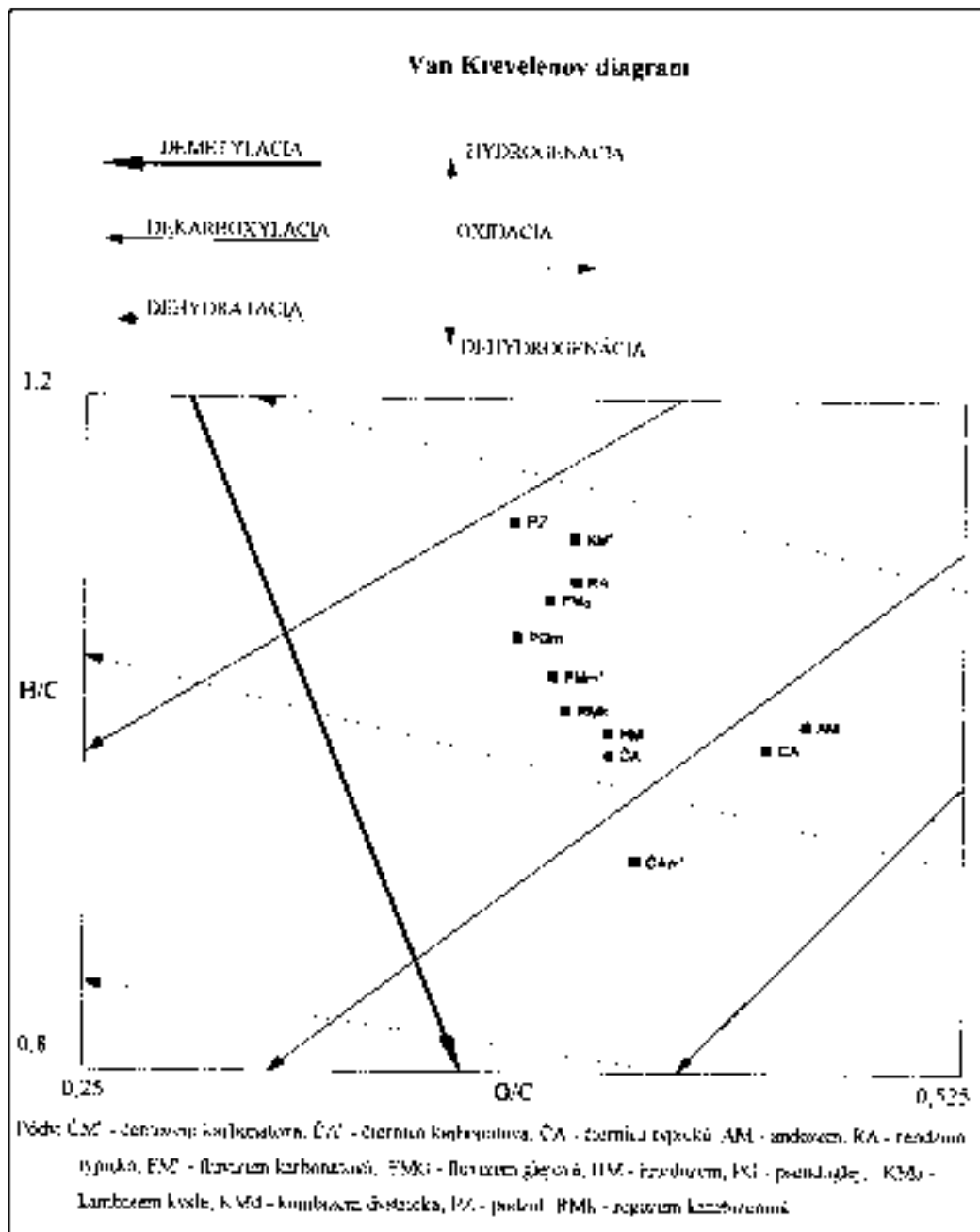


Obr. 14



Stupeň humifikácie humínových kyselín A horizontov jednotlivých pôdnych typov (subtypov) sa veľmi názorne v integrovanej forme, vyjadruje aj ich polohou vo van Krevelenovom diagrame, zároveň v relácii k vyjadreniu intenzity chemických procesov určujúcich charakter, aj stupeň humifikácie (obr.15).

Obr. 15



Tab. 20 Detailná charakteristika zloženia humínových kyselín v A horizonte vybraných pôdnych typov (subtypov) poľnohospodárskych pôd SR

| Pôdny typ (subtyp) | C (atómové %) | H (atómové %) | a % | COOH meq.1g ⁻¹ HK | E ^{1%} ₆ |
|----------------------|---------------|---------------|------|------------------------------|------------------------------|
| černozem karbonátová | 47,7 | 31,1 | 60,0 | 5,0 | 33,2 |
| čiernica karbonátová | 43,7 | 34,5 | 48,0 | 4,1 | 25,0 |
| čiernica | 43,0 | 36,5 | 50,0 | 3,5 | 19,0 |
| andezem | 43,4 | 34,4 | 52,1 | 4,3 | 27,5 |
| rendzina | 39,4 | 40,3 | 33,6 | 3,1 | 14,0 |
| fluvizem karbonátová | 42,1 | 37,8 | 43,1 | 3,9 | 21,5 |
| fluvizem glejová | 40,2 | 40,6 | 42,1 | 2,5 | 8,5 |
| hnedozem | 42,8 | 36,9 | 50,1 | 2,9 | 14,2 |
| pseudoglej | 41,2 | 40,0 | 40,0 | 3,2 | 14,2 |
| kambizem kyslá | 38,8 | 41,5 | 36,2 | 2,5 | 9,0 |
| kambizem dystrická | 39,7 | 41,0 | 36,3 | 2,7 | 11,0 |
| podzol | 38,7 | 42,6 | 34,4 | 2,8 | 13,5 |
| regozem kambizemná | 42,6 | 37,3 | 48,0 | 3,6 | 22,0 |

C, H - obsah elementárneho uhlíka, vodíka; a - stupeň aromatickosti (% C aromatického z C aromatického + C alifatického); COOH - obsah karboxylových skupín E^{1%}₆ - optický parameter podľa Kumadu charakterizujúci stupeň humifikácie (optická hustota 1 % roztoku humínových kyselín pri 400 nm).

9.3 MNOŽSTVO A KVALITA HUMUSU V LESNÝCH PÔDACH SR

Množstvo a kvalita humusu sú dôležitými ukazovateľmi stavu lesných pôd. Prehľad o množstve povrchovej organickej hmoty, resp. množstve vrstvy nadložného humusu (v hmotnostných jednotkách sušiny na plošnú jednotku) je uvedený v tab. 21. Stredná hodnota predstavuje 2,0 kg.m⁻², maximálna zistená hodnota bola 14,4 kg.m⁻². Zistené hodnoty na jednotlivých plochách sú popri klimatických faktoroch významne determinované drevinovou skladbou porastov, a teda kvalitou a rozloženosťou opadavky.

V tabuľke 21 sú uvedené aj obsahy oxidovateľného uhlíka, celkového dusíka a pomeru C:N v sledovaných vrstvách (nadložný humus, hĺbka 0 - 10 cm a 10 - 20 cm), pričom kvartilové hodnoty dávajú predstavu o štruktúre rozdelenia počtosti pre celý súbor trvalých monitorovacích plôch.

Tab. 21 Prehľad vybraných parametrov nadložného humusu a pôdneho humusu na monitorovacích lokalitách

| Hĺbka odberu v cm | Kvartil % | Hmotnosť kg.m ⁻² | C _{ox} g.kg ⁻¹ | N _t g.kg ⁻¹ | C : N |
|----------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| Nadložný humus | 25 | 1,15 | 280 | 13,7 | 18,2 |
| | 50 | 2,00 | 324 | 15,9 | 20,3 |
| | 75 | 3,20 | 369 | 17,9 | 22,8 |
| 0 - 10 | 25 | - | 38 | 2,5 | 11,4 |
| | 50 | - | 51 | 3,7 | 13,5 |
| | 75 | - | 69 | 5,2 | 17,1 |
| 10 - 20 | 25 | - | 16 | 1,7 | 8,5 |
| | 50 | - | 28 | 2,1 | 12,1 |
| | 75 | - | 42 | 3,1 | 14,7 |

CONTENTS AND FRACTIONAL COMPOSITION OF HUMUS IN SOILS OF SLOVAKIA

Amount of humus (C_{ox} 1,724) as well as the relationship between C of humic acids (HA) and fulvic acids (FA) have been monitored in „Partial Monitoring System-Soil“. Present content and fractional composition of humus in agricultural soils of Slovakia are presented in individual soil types (Tab. 19 and Fig. 9 and 10). Amount and composition of humus are still influenced by genesis of soils and hydrotermic conditions of organic scraps decomposition in spite of long-term soil cultivation.

More detailed characteristics of HA composition of agricultural soils consist of analytical results of elementary H and C contents, carboxyle groups contents, percentage of aromatic C from sum of aromatic and aliphatic C issued as well as optical coefficient of humification grade according to Kumada, 1987. The results are presented in Tab. 20, and Fig. 11, 12, 13, 14 according to individual soil types. More detailed characteristics of HA composition have been indicated in integrated form by van Krevelen diagram (Fig. 15).

Amount of humus as well as its fractional composition in forest soils have been indicated by C_{ox} amount, N in total and by relationship between C and H (Tab. 21).

Notes to enclosures:

Tab. 19 Amount and qualitative composition of humus in soil types of agricultural soils in Slovakia (C_{ox} , contents of humus, FA - fulvic acids, HA - humic acids, $Q^{4/6}$)

Fig. 9 Amount and qualitative composition of humus in soil types of agricultural soils in Slovakia (FA - fulvic acids, HA - humic acids)

Fig.10 Humus quality of agricultural soils indicated as HA : FA ratio and $Q^{4/6}$ (HA - humic acids, FA - fulvic acids, $Q^{4/6}$ - colour coefficient)

Fig. 11 Content of elementary C and H (in atomic %)

Fig. 12 μ - degree of aromaticity ($C_{aromatic} 100 / C_{aromatic} + C_{aliphatic}$)

Fig. 13 Carboxyle groups contents

Fig. 14 Optical parameter according to Kumada (humification degree)

Tab. 20 More detailed characteristics of humic acids (HA) composition in A horizon of soil types of agricultural soils (contents of C, H in atomic %, μ - degree of

aromaticity, COOH - carboxyle groups content, $E^{1\%}_6$ - optical parameter according to Kumada

Fig.15. van Krevelen diagram

Note: Soil types for all enclosures:

$\check{C}m^c$ - Calcaro-haplic Chernozem, $\check{C}a^c$ - Fluvi-calcaric Phaeozem, $\check{C}A$ - Fluvi -gleyic Phaeozem, AM - Andosol, RA - Rendzina, Fm^c - Calcaric Fluvisol, FM_G - Fluvi - eutric Gleysol, HM - Orthic Luvisol, PG - Planosol, Km_d - Dystric Cambisol, PZ - Podzol, RM - Regosol.

10. PÔDNA REAKCIA A OBSAH AKTÍVNEHO HLINÍKA

Pôdna reakcia je dôležitou vlastnosťou pôdy, pretože priamo, alebo nepriamo určuje ekologické podmienky pre rastliny a pôdne mikroorganizmy. Je ukazovateľom mnohých ďalších dôležitých chemických, ale i fyzikálno - chemických a nepriamo i biologických vlastností pôd a do značnej miery podmieňuje aj pohyblivosť rizikových stopových prvkov v pôdach a množstvo prijateľného fosforu.

Vývoj pôdnej reakcie v negatívnom zmysle (smerom k veľmi kyslým, ale i alkalickým) hodnotám môže vyvolávať veľmi vážne ekologické zmeny v rozsiahlych územiach a spôsobiť tak vážne národohospodárske škody poklesom úrodnosti pôd a znehodnotením životného prostredia. Podobných príkladov až katastrofického charakteru je vo svete mnoho, napr. acidifikácia rozsiahlych regiónov v Škandinávii, alkalizácia a salinizácia v oblastiach závlah a vodohospodárskych úprav v subtropických, ale i v oblastiach mierneho klimatického pásma.

Z týchto dôvodov je aj v monitoringu pôd SR venovaná veľká pozornosť sledovaniu vývoja pôdnej reakcie tak v smere zakysľovania, ako aj v smere alkalizácie. Sledovaniu alkalizácie sa najviac venuje špeciálny regionálny monitoring v oblasti vplyvu vodných diel na Dunaji (Fulajtár a kol., 1995).

Z územného hľadiska má v oblasti poľnohospodárskych pôd veľký význam agrochemické skúšanie pôd (ASP), ktoré monitoruje vývoj pôdnej reakcie od r. 1961 v 5-ročných (sčasti 3-ročných) cykloch. Vytvárané informácie sú však vyjadrované ako zmeny plošného zastúpenia jednotlivých kategórií stupnice hodnôt pH a sú preto pre zaznamenávanie zmien v pôdnej reakcii relatívne menej citlivé.

Monitoring pôd SR zmeny v pôdnej reakcii priamo v plošnom význame nevykazuje (je hlavným cieľom ASP). Zmeny, resp. stabilita pôdnej reakcie sa zaznamenáva v sieti monitorovacích lokalít. Informácie v plošnom význame je možné pripraviť len nepriamo pomocou charakteristiky jednotlivých pôdnych typov a subtypov, ako je to uvedené ďalej v tab. 22.

Pôdna reakcia v poľnohospodárskych pôdach SR.

Rozpätie pôdnej reakcie v poľnohospodárskych pôdach je veľmi široké a variabilné aj v rámci jednotlivých typov a subtypov pôd. Priemerné, ale hlavne niektoré extrémne hodnoty v kyslej oblasti (najmä minimálne) aj u pôd, ktoré sú intenzívne využívané v poľnohospodárstve, ako sú fluvizeme, hnedozeme, pseudogleje a kam-

bizeme nasýtené, svedčia o tom, že kyslosť pôd je u nás nezanedbateľným limitujúcim činiteľom a jej stav a vývoj sú veľmi nepriaznivé tak z hľadiska úrodnosti pôd (degradácia ekologických podmienok kultúrnych rastlín, znižovanie efektívnosti a rentability aplikovaných hnojív a ostatných vstupov), ako aj z hľadiska kvality životného prostredia, pretože spôsobuje zvýšenú mobilitu rizikových prvkov a ich príjem rastlinami. Tento jav je rovnako aktuálny aj pre lesné pôdy, pretože vo veľkej časti pôdnych typov využívaných viac ako lesné pôdy, dosahuje pôdna reakcia extrémne nízke (kyslé) priemerné hodnoty: pseudogleje (3,92 pH/KCl), kambizeme kyslé (3,99 pH/KCl), kambizeme dystrické, podzoly a rankre podzolové (2,83 pH/KCl).

Tab. 22 Priemerné hodnoty pôdnej reakcie (pH/H₂O, pH/KCl, pH/CaCO₃) v poľnohospodárskych pôdach SR

| Pôdny typ (subtyp) | hĺbka v m | pH / H ₂ O | | | pH / KCl | | | pH / CaCl ₂ | | |
|---------------------------|--------------|-----------------------|------|------|----------|------|------|------------------------|------|------|
| | | x | min. | max. | x | min. | max. | x | min. | max. |
| černoze me | 0 - 0,1 | 7,36 | 5,81 | 8,00 | 6,76 | 5,23 | 7,45 | 7,07 | 5,57 | 7,66 |
| | 0,35 - 0,45 | 7,68 | 6,74 | 8,29 | 6,99 | 5,94 | 7,71 | - | - | - |
| čiernice | 0 - 0,1 | 7,23 | 5,86 | 8,13 | 6,65 | 5,09 | 7,67 | 6,87 | 5,39 | 7,75 |
| | 0,35 - 0,45 | 7,50 | 6,12 | 8,59 | 6,80 | 5,12 | 7,82 | - | - | - |
| rendziny | 0 - 0,1 | 7,26 | 5,76 | 8,12 | 6,80 | 5,19 | 7,61 | 7,02 | 5,24 | 7,54 |
| | 0,35 - 0,45 | 7,74 | 6,37 | 8,39 | 7,08 | 5,42 | 7,86 | - | - | - |
| fluvizeme | 0 - 0,1 | 7,13 | 4,38 | 8,04 | 6,51 | 3,59 | 7,59 | 6,79 | 4,06 | 7,64 |
| | 0,35 - 0,45 | 7,31 | 4,73 | 8,39 | 6,55 | 3,78 | - | - | - | - |
| hnedoze me | 0 - 0,1 | 6,65 | 4,66 | 7,92 | 5,93 | 3,76 | 7,18 | 6,30 | 4,38 | 7,64 |
| | 0,35 - 0,45 | 6,68 | 4,05 | 8,04 | 5,87 | 3,73 | 7,25 | - | - | - |
| pseudogleje a luvizeme | 0 - 0,1 | 6,59 | 5,47 | 7,98 | 5,97 | 4,50 | 7,39 | 6,28 | 4,95 | 7,39 |
| | 0,35 - 0,45 | 6,21 | 4,65 | 7,30 | 5,25 | 3,73 | 6,38 | - | - | - |
| kambizeme nasýtené | 0 - 0,1 | 6,47 | 5,46 | 7,53 | 5,87 | 4,66 | 6,99 | 6,10 | 4,82 | 7,28 |
| | 0,35 - 0,45 | 6,50 | 5,26 | - | 5,50 | 4,18 | - | - | - | - |
| kambizeme kyslé | 0 - 0,1 | 5,02 | 4,48 | 5,59 | 4,15 | 3,51 | 4,86 | 4,51 | 4,08 | 5,08 |
| | 0,35 - 0,45 | 5,32 | 4,44 | 4,23 | 4,23 | 3,67 | 5,03 | - | - | - |
| kambizeme dystrické | 0 - 0,1 | 5,28 | 4,52 | - | 4,42 | 3,36 | - | 4,62 | 3,49 | 6,12 |
| | 0,35 - 0,45 | 5,39 | 4,42 | - | 4,27 | 3,85 | 4,51 | - | - | - |

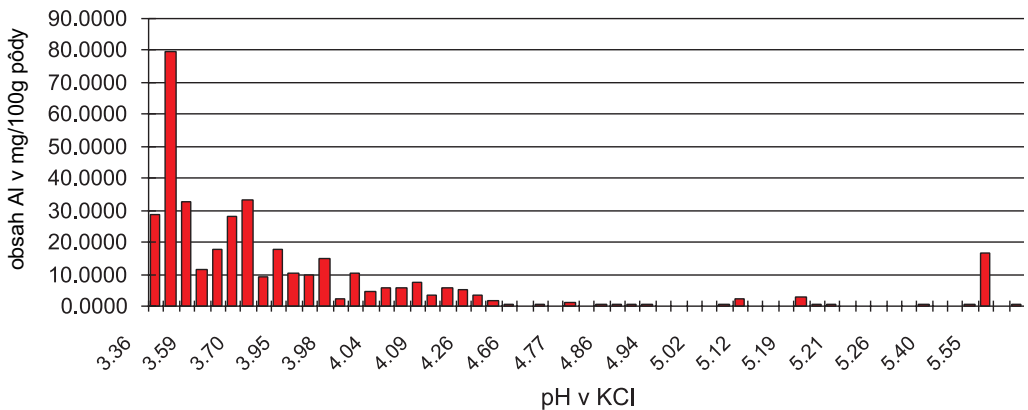
x - aritmetický priemer, min. max. - minimálna, maximálna hodnota

Vysoké, až extrémne hodnoty reakcie v alkalickej oblasti, ktoré sa z veľkej časti vyskytujú v pôdach v území predpokladaných vplyvov vodného diela na Du-

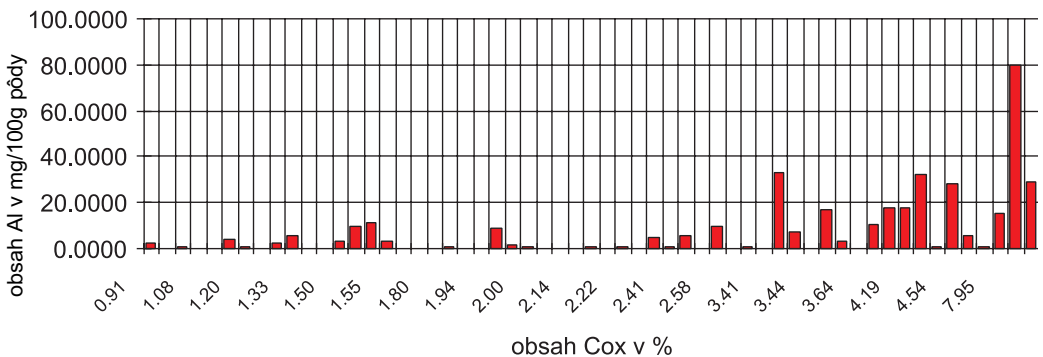
naji sa udržujú za posledných 6 rokov v stabilizovanom stave v klimaticky vlhkých rokoch s miernou tendenciou k menej alkalickým hodnotám (Fulajtár a kol., 1995).

V pôdach s kyslou, až veľmi kyslou reakciou sa stáva veľmi negatívnym faktorom aj aktívny (výmenný) hliník. Vyskytuje sa len v kyslých pôdach (pod pH/KCl 6), v ktorých sa do pôdneho roztoku dostáva desorpciou zo sorpčného komplexu pôdy spolu s iónmi H⁺ za bázické ióny a pri silne kyslej reakcii sa uvoľňuje aj hydrolýzou časti alumosilikátových minerálov. Táto závislosť je vysoko korelatívna a jej priebeh je znázornený na obr. 16. Podobná závislosť obsahu aktívneho Al od obsahu humusu (obr. 17) je podmienená rastom sorpčnej kapacity pri vyššom obsahu C_{ox}, resp. humusu.

Obr. 16 Obsah Al v závislosti od pH v KCl



Obr. 17 Obsah Al v závislosti od obsahu Cox



Aktívny hliník pôsobí priamo i nepriamo toxicky na rastliny. Intenzita toxicity sa vyjadruje vzťahom $Al^{+3}/Ca^{+2} = \alpha$. Kritická hodnota tohto koeficientu (α) je 0,5 pre menej citlivé rastliny 1,0. V sieti monitorovacích lokalít je 72 % z kyslých pôd nad úrovňou koeficientu 0,5.

Pôdna reakcia v lesných pôdach SR

Významným ukazovateľom stavu pôdy je pôdna reakcia. Prehľad zistených hodnôt je v nasledovných tabuľkách 23 a 24. Ako strednú hodnotu (mieru polohy), vzhľadom na charakter hodnôt pH a geologicky podmienenú dvojrcholovosť rozdelenia početnosti uvádzame v tabuľkách medián. Pri takomto hodnotení vidíme, že na 50 % zo všetkých monitorovacích lokalít bola v hĺbke 0 - 10 cm nameraná hodnota pH/H₂O nižšia ako 4,8 a v hĺbke 10 - 20 cm nižšia ako 4,7. Podobne na 50 % zo všetkých monitorovaných lokalít bola v hĺbke 0 - 10 cm nameraná hodnota pH/CaCl₂ nižšia ako 4,1 a v hĺbke 10 - 20 cm nižšia ako 3,9.

Tab. 23 Prehľad hodnôt pH lesných pôd na monitorovacích lokalitách

| Hĺbka odberu v cm | pH/H ₂ O | | | pH/CaCl ₃ | | |
|----------------------|---------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | medián | min. | max. | medián | min. | max. |
| Nadložný humus | 5,1 | 3,7 | 6,7 | 4,8 | 2,9 | 6,4 |
| 0 - 10 | 4,8 | 3,5 | 7,6 | 4,1 | 2,9 | 7,4 |
| 10 - 20 | 4,7 | 3,7 | 7,7 | 3,9 | 3,1 | 7,1 |

Tab. 24 Zastúpenie lesných pôd (v %) na monitorovacích lokalitách podľa intervalov hodnôt pH

| Interval pH/H ₂ O | nadložný humus | Minerálna pôda | |
|------------------------------|----------------|----------------|------------|
| | | 0 - 10 cm | 10 - 20 cm |
| do 3,5 - extrémne kyslé | 0 | 1 | 0 |
| 3,5 - 4,5 - veľmi kyslé | 27 | 32 | 34 |
| 4,5 - 5,5 - kyslé | 56 | 41 | 42 |
| 5,5 - 6,5 - mierne kyslé | 15 | 9 | 6 |
| 6,5 - 7,2 - neutrálné | 2 | 5 | 7 |
| 7,2 - 8,5 - mierne alkalické | 0 | 12 | 11 |

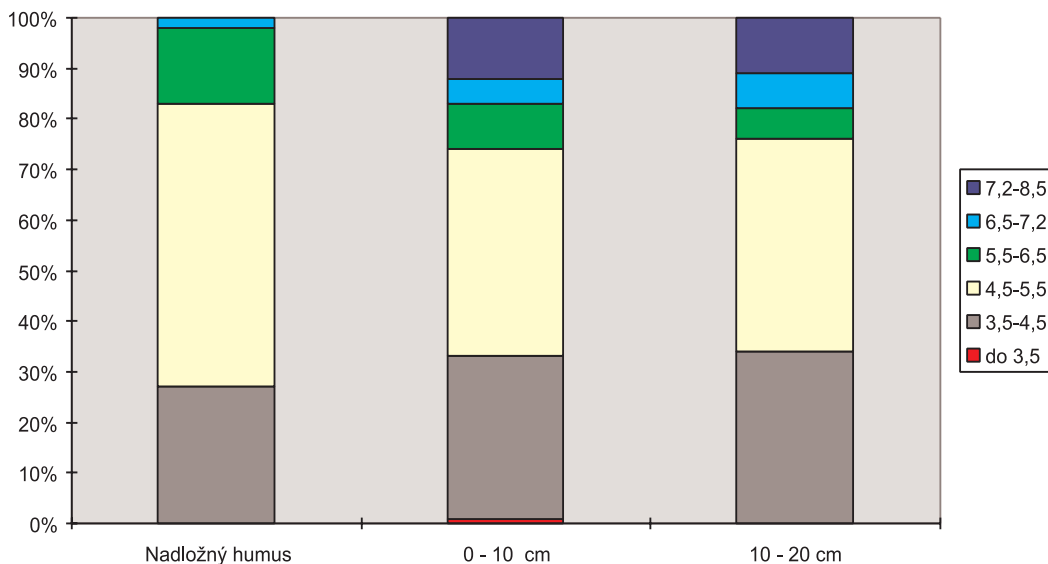
Pri hodnotení pH podľa obvyklých intervalov môžeme konštatovať, že približne na tretine monitorovaných lokalít boli zistené veľmi kyslé pôdy. Podiel neutrálnych, až mierne alkalických pôd zodpovedá podielu karbonátových pôdotvorných substrátov.

Z hľadiska ohrozenia lesných pôd acidifikáciou je dôležité hodnotenie parametrov charakterizujúcich stav pôdneho sorpčného komplexu. Ako orientačné údaje pre hodnotenie stavu lesných pôd z tohto hľadiska uvádzame, že podľa analýz pre

vrstvu 0 - 10 cm boli zistené hodnoty kationovej výmennej kapacity pod 10 cmol (+).kg⁻¹ na 30 % plôch a hodnoty nad 50 cmol (+).kg⁻¹ na 14 % plôch. Nasýtenie sorpčného komplexu bázami pod 15 %, ktoré možno hodnotiť ako veľmi nepriaznivé a vyžadujúce kompenzačné opatrenia bolo aspoň v jednej zo sledovaných hĺbok zistené na 6 % plôch.

Obr. 18

Zastúpenie lesných pôd podľa pH



SOIL REACTION AND ACTIVE ALUMINIUM CONTENT

Range of soil reaction values is in soils of Slovakia very wide - from extremely acid soils to soils with alkaline soil reaction. Average values of pH/H₂O, pH/KCl and pH/CaCl₂ in predominant types of agricultural soils are presented in Tab. 22 and for forest soils in global in Tab. 23 and 24. Well, the object of soil monitoring system includes also active aluminium content, which strongly increases with decrease of pH values (acid soils), but depends on C_{ox} content, too (Fig. 16, 17). Criteria of Al toxicity have been indicated by relationship $Al^{+3}/Ca^{+2} = \infty$ 72 % of acid soils in Slovakia are over critical values (L = 0,5).

Notes to enclosures:

**Tab. 22 Average values of soil reaction in agricultural soils of Slovakia
(x - arithmetical mean)**

**Fig. 16 Al contents in relationship to pH/KCl (Al content in mg/100g
of soil/pH/KCl)**

**Fig. 17 Al contents in relationship to C_{ox} content (Al content in mg/100g/C_{ox}
content in %)**

Fig. 18 Percentage of forest soils according to pH

**Tab. 23, 24 Review of pH values of monitored sites in forest soils (soil sampling
depth in cm, raw covered humus, mineral soil 0 - 10 cm, 10 - 20 cm)**

Note: Soil types for all enclosures:

Čm^c - Calcaro-haplic Chernozem, Ča^c - Fluvi-calcaric Phaeozem, ČA - Fluvi -gleyic Phaeozem, AM - Andosol, RA - Rendzina, Fm^c - Calcaric Fluvisol, FM_G - Fluvi - eutric Gleysol, HM - Orthic Luvisol, PG - Planosol, Km_d - Dystric Cambisol, PZ - Podzol, RM - Regosol.

11. OBSAH PRIJATELNÝCH ŽIVÍN (P, K) V POLNOHOSPODÁRSKÝCH PÔDACH SR

Sledovanie stavu a vývoja prijateľných živín, konkrétne P, K a v posledných cykloch aj Ca a Mg na prevažnej časti poľnohospodárskych pôd SR je náplňou agrochemického skúšania pôd (ASP), ktorý organizačne nie je súčasťou čiastkového monitorovacieho systému pôda.

Sledovanie obsahu uvedených živín v pôdach (zásobenosti pôd živinami) v agrochemickom skúšaní pôd sa vykonáva v 5-ročných (v určitých obdobiach v 3-ročných) cykloch už od r. 1961, pričom stav obsahu živín a vývoj sa vyjadruje prehľadmi za okresy a SR percentuálnym podielom výskytu jednotlivých kategórií stupnice obsahu (zásobenosti). Vyjadrenie stavu obsahu živín za jednotlivé hony v poľnohospodárskych podnikoch vo forme priemerných hodnôt slúži pre riadenie výživy rastlín. Pre posudzovanie vývoja sa dá použiť v obmedzenej miere, pretože hranice honu sa často menia.

Metódy hodnotenia obsahu živín v pôde používané v ASP pomerne objektívne vyjadrovali vývoj v období výrazného nárastu dávok hnojív približne od r. 1965 do r. 1990. Pre sledovanie vývoja obsahu živín pri súčasnej nízkej úrovni hnojenia je však citlivosť metódy vyhodnocovania údajov v ASP až problematická.

Súčasný stav obsahu živín P, K, Ca, Mg v poľnohospodárskych pôdach SR za obdobie 1990 až 1994 je však v ASP vyjadrený najobjektívnejšie, preto naň užívateľov odkazujeme (viď. ÚKSÚP, 1995).

Pre charakteristiku obsahu prijateľných živín v poľnohospodárskych pôdach SR z výsledkov čiastkového monitorovacieho systému pôda uvádzame prehľad po jednotlivých typoch (subtypoch) pôd. Táto informácia však má len všeobecný (ilustratívny) charakter.

Sieť monitorovacích lokalít je pre charakteristiku obsahu živín v pôdach podľa jednotiek územného členenia riedka. Priemerné údaje za jednotlivé pôdne typy (subtypy) umožňujú hodnotiť súčasný stav obsahu živín. Obsah prijateľných živín je totiž hlavne výsledkom intenzity hnojenia a vlastností pôd (tab. 25).

Poznámka: Obsah P a K v jednotlivých frakciách - formách z hľadiska ich prijateľnosti a rozpustnosti sa však sleduje len v Čiastkovom monitorovacom systéme - pôda (v ASP nie je sledovaný).

Tab. 25 Súčasný stav obsahu prijateľného P, K v pôdnych typoch (subtypoch) poľnohospodárskych pôd SR (metóda Mehlich II., mg.kg⁻¹)

| Pôdny typ (subtyp) | Hĺbka v m | P | | | K | | |
|------------------------------|--------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | | x | min. | max. | x | min. | max. |
| černozeme | 0 - 0,10 | 108,29 | 36,70 | 327,60 | 331,03 | 134,4 | 575,0 |
| | 0,35 - 0,45 | 62,57 | 0,14 | 840,0 | 177,61 | 65,0 | 960,0 |
| hnedozeme | 0 - 0,10 | 78,19 | 21,7 | 400,0 | 279,05 | 86,7 | 653,3 |
| | 0,35 - 0,45 | 20,66 | 1,30 | 110,0 | 195,80 | 45,0 | 935,0 |
| čiernice | 0 - 0,10 | 106,83 | 27,70 | 310,0 | 290,27 | 56,3 | 1040,0 |
| | 0,35 - 0,45 | 31,57 | 2,49 | 429,0 | 130,83 | 20,0 | 360,0 |
| fluvizeme | 0 - 0,10 | 86,89 | 20,20 | 280,5 | 233,02 | 71,0 | 513,3 |
| | 0,35 - 0,45 | 14,29 | 0,70 | 48,5 | 127,91 | 20,0 | 240,0 |
| kambizeme | 0 - 0,10 | 64,25 | 0,01 | 278,3 | 217,16 | 31,3 | 696,3 |
| | 0,35 - 0,45 | 13,43 | | 20,3 | 133,88 | 10,0 | 535,0 |
| pseudogleje + luvizeme | 0 - 0,10 | 67,76 | 12,50 | 240,0 | 223,73 | 40,0 | 531,3 |
| | 0,35 - 0,45 | 7,83 | 0,20 | 31,9 | 120,32 | 40,0 | 335,0 |
| rendziny | 0 - 0,10 | 66,37 | 10,20 | 166,7 | 266,30 | 78,1 | 493,8 |
| | 0,35 - 0,45 | 20,26 | 1,90 | 84,61 | 250,00 | 55,0 | 250,0 |
| podzoly + kambizeme dyst. | 0 - 0,10 | 51,08 | 11,70 | 90,0 | 128,50 | 20,3 | 290,8 |
| | 0,35 - 0,45 | 16,83 | 0,57 | 55,0 | 37,00 | 22,5 | 60,0 |
| regozeme | 0 - 0,10 | 127,52 | 58,30 | 220,1 | 191,74 | 40,0 | 426,7 |
| | 0,35 - 0,45 | 40,53 | 0,18 | 90,57 | 122,5 | 20,0 | 370,0 |

Z prehľadu priemerného obsahu P vidieť v rámci intenzívne využívaných pôd (černozeme, hnedozeme, čiernice, fluvizeme, regozeme) síce výrazné rozdiely, ale všetko v kategórii vysokého obsahu. Maximálne hodnoty u týchto pôd poukazujú aj na lokálnu prítomnosť až škodlivo vysokých obsahov P.

V skupine pôd, ktoré sa nevyužívajú na celej ploche intenzívne (v rámci nich je veľké zastúpenie aj extenzívne využívaných trvalých trávnych porastov - kambizeme, pseudogleje, rendziny) je priemerný obsah vyrovnaný a nachádza sa v kategórii stredného obsahu. Maximálne hodnoty aj v tejto kategórii tiež ukazujú na lokálnu prítomnosť extrémne vysokých hodnôt obsahu P.

Skupina pôd s prevahou extenzívne využívaných pôd v kultúre trvalých trávnych porastov má priemerný obsah prijateľného P najnižší, ale maximálne hodnoty svedčia tiež o lokálne vysokých obsahoch, ako výsledok až „luxusného“ hnojenia v minulosti.

Veľmi dôležitou charakteristikou je obsah prijateľného P v hĺbke 0,35 - 0,45 m, resp. v podornici, ktorá ešte patrí k významnej časti fyziologickej hĺbky pôd (hĺbky podstatnej časti rozvoja koreňového systému). Veľmi závažnými sú nielen priemerné, ale aj minimálne obsahy, ktoré sú z tohto hľadiska až extrémne, najmä v pseudoglejoch, ale veľmi nízke sú aj v kambizemiach a hnedozemiach, čo svedčí o ich plytkej fyziologickej hĺbke a zdôvodňuje nižšie produkčné schopnosti týchto pôd.

Priemerný obsah prijateľného K je relatívne vyrovnanejší a okrem kambizemí dystrických a podzolov, ktoré majú strednú zásobu, prevládajú pôdy s vysokou zásobou prijateľného K. Maximálne hodnoty sú však lokálne až extrémne vysoké a určite pôsobia aj negatívne (napr. hodnoty nad 800 až 1 000 mg.kg⁻¹).

V obsahu prijateľného K v hĺbke 0,35 - 0,45 m sú v porovnaní s obsahom v povrchových horizontoch síce výrazné, ale relatívne menšie rozdiely, ako pri fosfore a v minimálnych hodnotách neklesajú na extrémne nízke hodnoty.

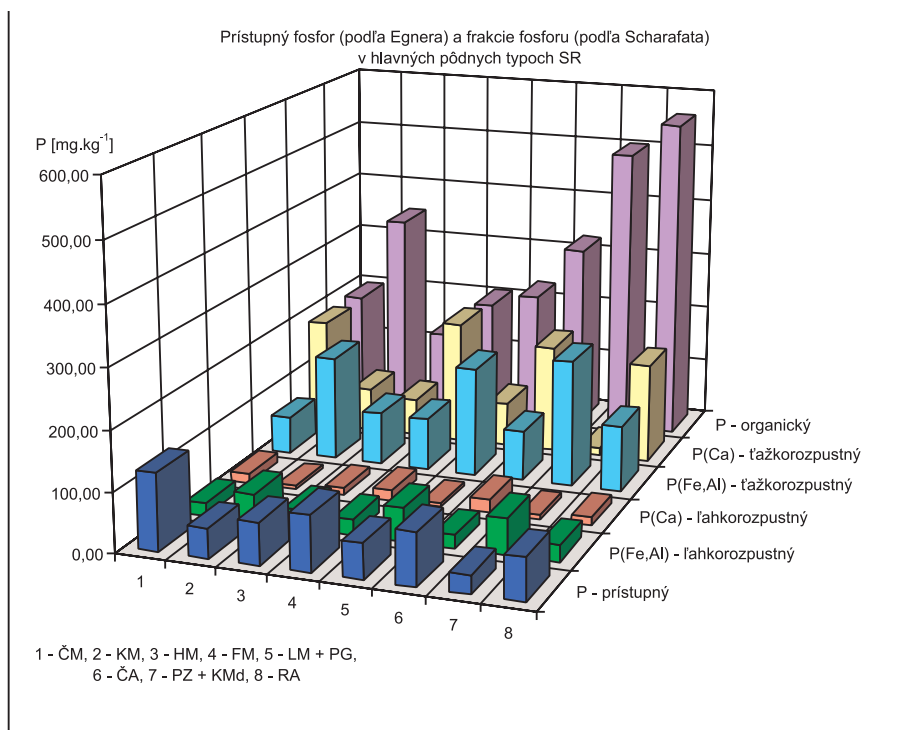
Poznámka: Profilový priebeh obsahu P a K sa v agrochemickom skúšaní pôd nesleduje, sleduje sa iba v monitoringu pôd.

Tab. 26 Priemerný obsah frakcií P v pôdnych typoch poľnohospodárskych pôd SR

| Pôdny typ (subtyp) | P | P (Fe, Al) | P (Ca) | P (Fe, Al) | P (Ca) | P |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | prístupný | ľahko- rozpustný | ľahko- rozpustný | ťažko- rozpustný | ťažko- rozpustný | organický |
| | mg.kg ⁻¹ | | | | | |
| ČM | 130,44 | 22,61 | 16,95 | 63,61 | 190,04 | 194,72 |
| KM | 49,59 | 47,70 | 5,35 | 178,80 | 75,67 | 346,76 |
| HM | 70,25 | 31,00 | 12,15 | 90,12 | 64,00 | 139,84 |
| FM | 93,30 | 26,41 | 17,72 | 89,09 | 211,95 | 203,69 |
| LM + PG | 58,81 | 56,00 | 6,13 | 185,90 | 75,20 | 227,00 |
| ČA | 87,92 | 12,84 | 23,12 | 85,68 | 186,15 | 320,62 |
| PZ + KMd | 30,80 | 60,87 | 8,27 | 217,00 | 13,83 | 500,62 |
| RA | 70,75 | 28,82 | 14,71 | 113,10 | 170,45 | 558,75 |

Z prehľadu zastúpenia frakcií P podľa ich prístupnosti pre rastliny a rozpustnosti vidieť (obr. 19, tab. 26) výraznú závislosť od pôdnej reakcie, obsahu uhličitanov resp. nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi, ktoré sú charakteristické pre jednotlivé pôdne typy (subtypy), podobne ako aj od ich obsahu a kvality humusu. V kyslých pôdach, v ktorých je relatívne vysoký aj obsah aktívneho Al a Fe je vysoký aj obsah frakcií P viazaných na zlúčeniny týchto prvkov (kambizeme, pseudogleje a luvizeme, kambizeme dystrické a podzoly).

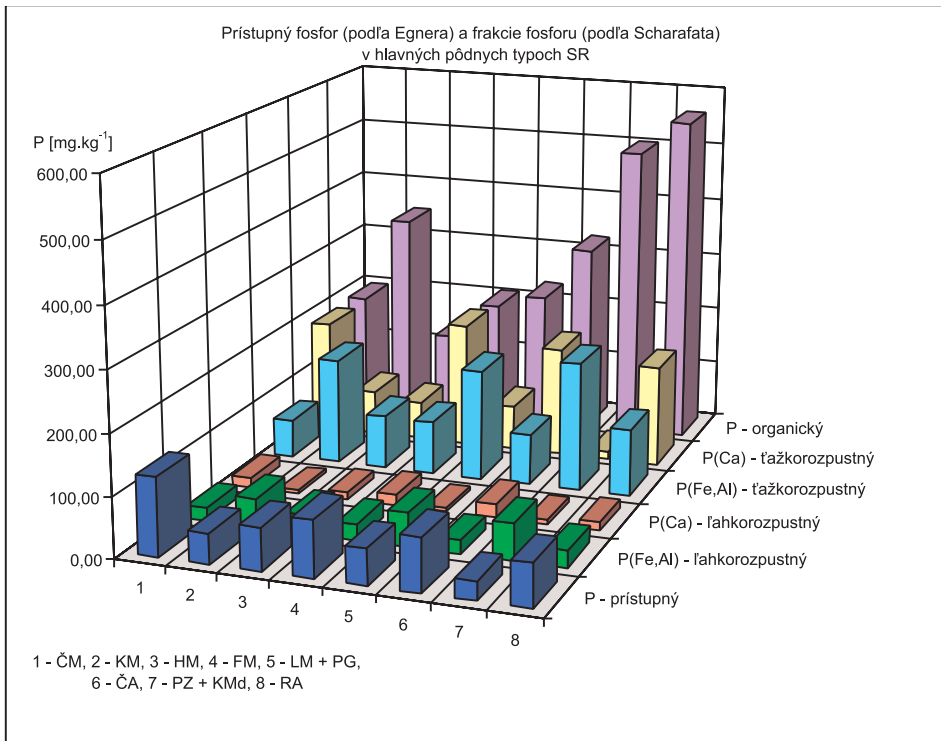
Obr. 19



Tab. 27 Priemerný obsah frakcií K v pôdnych typoch poľnohospodárskych pôd SR

| Pôdny typ (subtyp) | K | | | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------|--------------------|------------------------|
| | prístupný | vodo- rozpustný | výmenný | mobilná rezerva | potenciálna rezerva |
| | mg.kg ⁻¹ | | | | |
| ČM | 301,72 | 53,62 | 138,96 | 369,44 | 1 373,61 |
| KM | 260,02 | 42,67 | 106,69 | 232,56 | 905,48 |
| HM | 244,12 | 37,04 | 104,45 | 239,68 | 1 015,62 |
| FM | 201,09 | 46,68 | 93,60 | 260,90 | 919,77 |
| LM + PG | 243,81 | 49,85 | 112,04 | 215,00 | 700,00 |
| ČA | 255,31 | 49,25 | 114,05 | 301,56 | 10 000,00 |
| PZ + KMd | 97,50 | 23,93 | 52,08 | 90,00 | 455,83 |
| RA | 236,20 | 51,70 | 122,00 | 303,00 | 1 100,00 |

Obr. 20



Pôdne typy: ČM - černoze, KM - kambize, HM - hnedoze, FM - fluvize, LM + PG - luvize + pseudoglej, ČA - čiernica, PZ + KMd - podzol + kambize dystrická, RA - rendzina

V pôdach s vysokým obsahom Ca vo forme uhličitanov, resp. výmenných iónov viazaných na sorpčný komplex je omnoho vyšší obsah frakcií P viazaných s vápnikom (černoze, fluvize a čiernice s veľkým zastúpením karbonátových variet a rendziny). Podobne obsah frakcie P viazanej na organickú hmotu závisí hlavne na obsahu humusu, ale vidieť aj závislosť od kvalitatívneho zloženia humusu (rendziny a kambize dystrické v porovnaní s podzolmi, alebo černoze, čiernice v porovnaní s kambizemami).

Z prehľadu zastúpenia frakcií K podľa ich prístupnosti a uvoľnitelnosti vidieť (obr. 20, tab. 27) výraznú závislosť od stavu sorpčného komplexu a stupňa nasýtenia bázickými kationmi (frakcia výmenného a mobilného K, napr. v rozdiel medzi kambizemami dystrickými s extrémne nízkym nasýtením sorpčného komplexu bázickými kationmi, t. j. aj K a rendzinami, resp. ostatnými pôdami). Rozdiely sú viditeľné aj v potenciálnej rezerve, čo je podmienené hlavne množstvom a kvalitatívnym zložením ílových minerálov.

CONTENTS OF AVAILABLE NUTRIENTS (P, K) IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA

Available nutrients P and K contents have been monitored in topsoil (0 - 0,10 m) and in subsoil (0,35 - 0,45 m), as well. There have been used 2 methods - the 1-st one is older (according to Egner and Schachtschabel) to be continual with results of agrochemical testing (since 1961) and latest method which has been used according to Mehlich II., at present.

Present stage of available nutrients P and K in main soil types of Slovakia (Tab. 26) indicates strong influence of intensive fertilization during 1970 - 1991 years, because the content of available P and K has been indicated high, but different in individual soil types. Besides, the fractional composition of P and K has been monitored and their present stage in soil types is presented in Tab. 26, 27 as well as Fig. 19, 20. Fractional composition P and K contents is expressively influenced especially by genetic properties of soils.

Notes to enclosures:

Tab. 25 Present levels of available P and K contents in soil types of agricultural soils of Slovakia (according to Mehlich II., mg.kg⁻¹) (soil type, soil sample depth - m)

Tab. 26 Average fractional composition content of P in soil types of agricultural soils of Slovakia (soil type, available P, easy soluble Fe, Al, Ca, hardly soluble Fe, Al, Ca, organic P)

Tab. 27 Average fractional composition contents of K in soil types of agricultural soils (soil type water soluble, exchangeable, mobile reserve and potential reserve)

Fig. 19 Available P and P fractional composition contents in soil types of Slovakia

Fig. 20 Available K and K fractional composition in soil types of Slovakia

12. VÝVOJ VLASTNOSTÍ PŮD ZA POSLEDNÝCH 30 AŽ 35 ROKOV

Týmto prehľadom predkladáme prvé exaktné, aj keď len čiastkové výsledky o vývoji niektorých parametrov vlastností pôd za dlhšie obdobie, ktoré súčasná počiatočná etapa monitoringu pôd ešte nemôže poskytnúť.

Prehľad je založený na porovnaní analýz archívnych vzoriek so súčasnými vzorkami odobratými z tých istých miest a paralelne analyzovanými tými istými metódami, ktoré sa používajú v monitoringu pôd. Časové rozpätie medzi odberom archívnych a súčasných vzoriek sa pohybuje väčšinou od 30 do 35 rokov. Archívne vzorky však netvorí úplný a typický súbor, na základe ktorého by sa dal charakterizovať vývoj všetkých vlastností pôd na celom pôdnom fonde SR, pretože sa zachovala len ich malá časť. Výsledky, ktoré tu uvádzame sú preto len ilustráciou toho, k akým zmenám jednotlivých vlastností pôd môže dochádzať za dlhšie obdobie.

Z monitorovaných pôdných vlastností predkladáme zmeny za posledných 30 až 35 rokov u týchto parametrov:

- obsah prijateľných živín v pôdach (P, K),
- štruktúra obsahu frakcií P a K,
- obsah a kvalitatívna skladba humusu,
- pôdna reakcia,
- vývoj erózie za posledných 50 rokov, od obdobia prvých jadrových explózií, ktorý umožňuje určiť použitá metóda aktivity izotopu ^{137}Cs ako značkovacieho prvku (polčas rozpadu tohto izotopu je 30 rokov). Tejto problematike je venovaná osobitná kapitola týkajúca sa monitoringu erózie pôd (kap. 14).

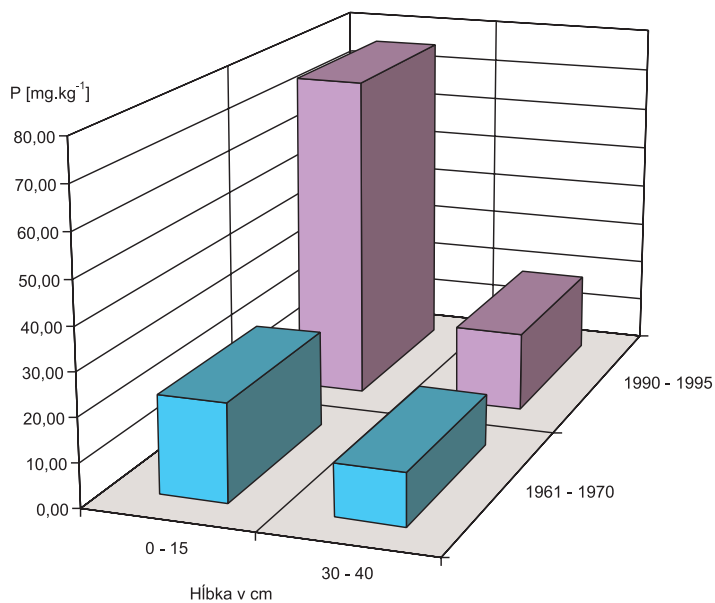
Vývoj obsahu rastlinami prijateľných živín P a K

Zmeny obsahu prijateľného P (podľa Egnera) a obsahu prijateľného K (podľa Schachtschabela), za obdobie 1961 - 1970 a 1990 - 1995 prejavili nasledovne:

Prírastok obsahu P predstavoval v orniciach (v humusovom horizonte) temer 200 % a K približne temer 100 % v porovnaní s obsahom v r. 1961 - 1970, čo sa približne zhoduje aj s výsledkami agrochemického skúšania poľnohospodárskych pôd (ASP - ÚKSÚP, 1995) za toto obdobie (obr. 21, 22).

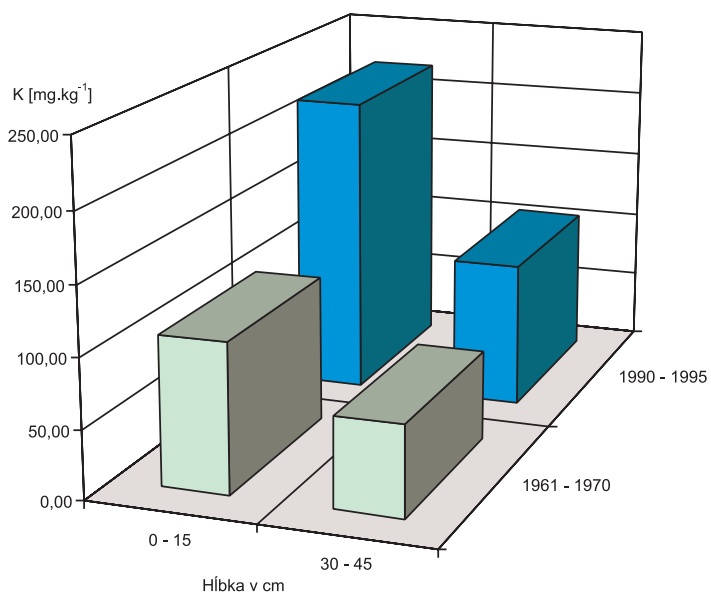
Obr. 21

Zmeny prístupného fosforu (Egner) v poľnohospodárskych pôdach SR za obdobie 30 - 35 rokov.



Obr. 22

Zmeny prístupného draslíka (Schachtschabel) v poľnohospodárskych pôdach SR za obdobie 30 - 35 rokov.



Veľmi dôležitý a pozitívny je za rovnaké obdobie prírastok týchto živín v podornici (resp. v hĺbke 0,30 - 0,45 m) a to u prijateľného P o 50 % a u prijateľného K o 60 %. Výrazne prevládajúca časť našich pôd má však naďalej nedostatok uvedených živín v podornici, aj keď táto je významnou časťou fyziologickej hĺbky pôdneho profilu, t.j. zóny rozvoja koreňového systému rastlín.

Zmeny priemerných obsahov prijateľného P a K v jednotlivých pôdnych typoch (subtypoch) za uvedené obdobie ukazujú nielen prírastok ich obsahu, ale aj postupnú homogenizáciu obsahu živín vo všetkých, aj v prirodzene menej úrodných poľnohospodárskych pôdach SR (tab. 28), pretože v období od r. 1970 boli dávky hnojív na všetkých pôdach vysoké a približne rovnaké.

Tab. 28 Zmeny prístupného P a K od r. 1961 - 1970 v porovnaní so stavom v r. 1992 v hlavných pôdnych typoch

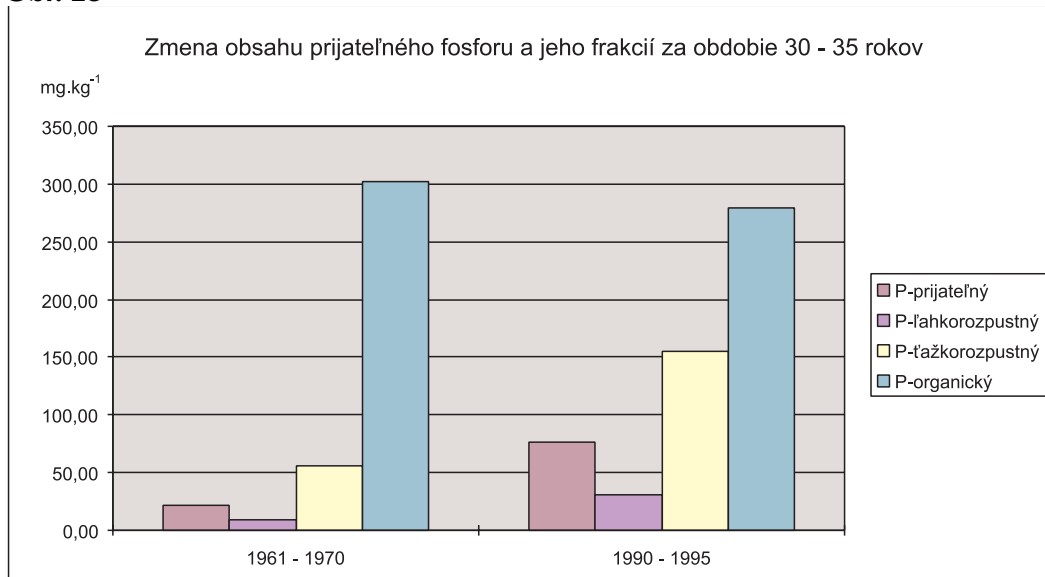
| Pôdny typ (subtyp) | hĺbka v m | stav v r. 1961 - 1970 | | stav v r. 1992 | |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------|----------------|---------------|
| | | P | K | P | K |
| | | (Egner) | (Schachtsch.) | (Egner) | (Schachtsch.) |
| ČM + ČA | 0 - 0,15 | 32,9 | 123,6 | 128,2 | 306,5 |
| | 0,30 - 0,45 | 18,9 | 74,9 | 47,0 | 109,7 |
| FM | 0 - 0,15 | 27,1 | 108,6 | 75,0 | 137,7 |
| | 0,30 - 0,45 | 4,7 | 61,4 | 18,8 | 91,3 |
| FMc | 0 - 0,15 | 38,7 | 64,4 | 97,9 | 196,0 |
| | 0,30 - 0,45 | 31,5 | 59,1 | 22,3 | 77,4 |
| HM + HMg | 0 - 0,15 | 19,0 | 120,8 | 67,8 | 254,6 |
| | 0,30 - 0,45 | 6,8 | 94,6 | 22,5 | 163,5 |
| LM + PG | 0 - 0,15 | 12,5 | 119,0 | 62,7 | 257,4 |
| | 0,30 - 0,45 | 6,3 | 67,7 | 9,6 | 123,2 |
| KM + KMg | 0 - 0,15 | 8,2 | 106,2 | 60,6 | 198,0 |
| | 0,30 - 0,45 | 6,4 | 56,4 | 12,6 | 106,0 |
| KMd | 0 - 0,15 | 7,6 | 92,0 | 49,2 | 169,5 |
| | 0,30 - 0,45 | 5,3 | 58,6 | 5,3 | 67,2 |
| RA + RAK | 0 - 0,15 | 32,5 | 129,1 | 63,0 | 238,5 |
| | 0,30 - 0,45 | 16,4 | 50,0 | 8,0 | 107,8 |
| Priemer | 0 - 0,15 | 22,3 | 108,0 | 75,6 | 219,8 |
| | 0,30 - 0,45 | 12,0 | 65,3 | 18,3 | 105,8 |

ČM - černoziem; ČA - čiernica; FM - fluvizem; FMc - fluvizem karbonátová; HM - hnedozem; HMg - hnedozem pseudoglejová; KMd - kambizem dystrická; RA - rendzina; RAK - rendzina kambizemná

Vývoj štruktúry obsahu jednotlivých foriem P a K za obdobie 1961 - 1970 až 1992

Výrazne stúpajúca intenzita hnojenia priemyselnými hnojivami od roku 1961 - 1970, až do r. 1990 sa prejavila nielen v množstve prijateľných foriem P a K, ale aj v obsahu ďalších, relatívne menej prístupných až neprístupných foriem týchto živín. Išlo samozrejme aj o neželaný jav, najmä o všeobecne známu tvorbu pevných väzieb P s Fe a s Al, ale aj s Ca - t.j. o tzv. „zvrhávanie“ P v pôde, znižujúce efektívnosť, ale najmä rentabilitu hnojenia. Mieru pozitívnych a negatívnych efektov intenzívneho hnojenia na obsah hlavných foriem P a K je vidieť z grafov na obr. 23, 24.

Obr. 23



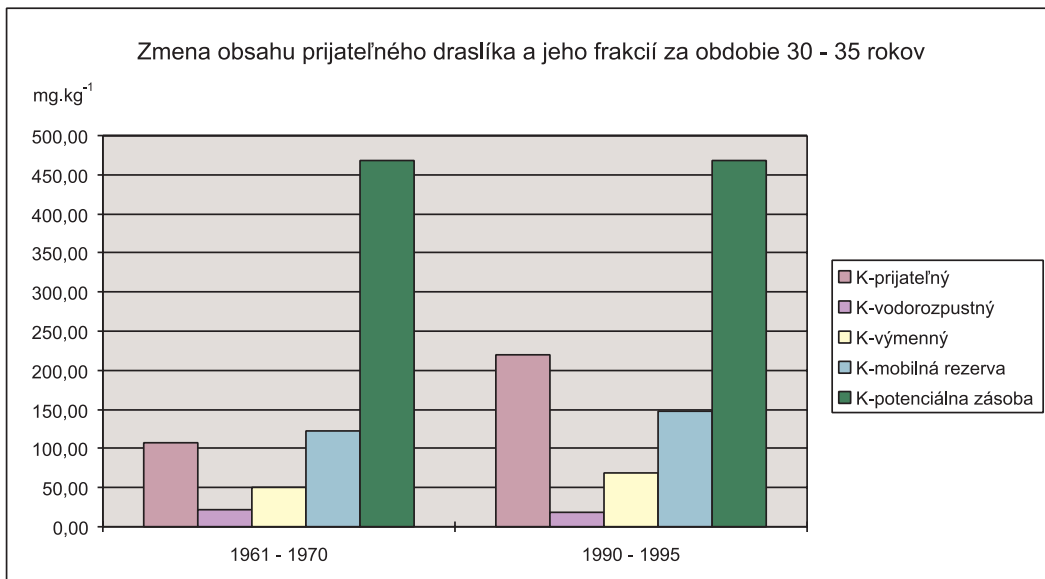
V prípade P je miera tvorby ťažkorozpustných foriem najvýraznejšia. Zmena v obsahu ľahko rozpustných foriem odpovedá približne vyššie uvedeným zmenám v prijateľných formách P.

Obsah organických zlúčenín P sa temer nezmenil, čo vyplýva aj zo stabilného obsahu humusu za toto obdobie (viď. zmeny v obsahu humusu).

Vplyv intenzívneho hnojenia sa prejavil aj v zastúpení jednotlivých frakcií K, okrem jeho potenciálnej zásoby, ktorá je podmienená substrátom pôd (nevýmennou väzbou K v alumosilikátoch a ílových mineráloch, ktoré tvoria výraznú prevahu z celkového obsahu K v pôde). Takmer nezmenený zostal obsah vodorozpustného K, pretože je významne určovaný rovnovážnym stavom pôdneho roztoku. Najväčšie zmeny sa prejavili v jeho výmenných a tzv. mobilných formách, čo má veľký význam

pre využívanie zásoby K v pôdach, ale aj z hľadiska vplyvov veľmi vysokých obsahov K, ktoré sa ešte vyskytujú vo veľkej časti našich pôd.

Obr. 24



Obsah a kvalitatívna skladba humusu

Vo vývoji obsahu aj kvalitatívnej skladby humusu sa ani za dlhšie obdobie nedajú predpokladať výrazné zmeny. Výnimkou je len vplyv eróznou - akumuláčnych procesov. Tento predpoklad však neplatí o vývoji celej organickej hmoty v pôde. Jej veľká časť, tzv. nešpecifické organické látky je síce veľmi premenlivá aj v závislosti od intenzity a spôsobu poľnohospodárskeho využívania, ale práve pre svoju dynamiku nie je zatiaľ predmetom monitoringu pôd. To však neznamená, že menej výrazné zmeny obsahu a kvality humusu nemajú tiež význam z hľadiska produkčných a mimoprodukčných funkcií pôd. Veď každá dokázaná zmena zlomku percenta obsahu humusu, alebo jeho zložky, predstavuje niekoľko ton vysoko aktívnej časti humusového horizontu na 1 ha pôdy.

Rozdiely v celkovom obsahu humusu v povrchovom horizonte pôd v typických lokalitách (bez významnejšieho vplyvu erózie) charakterizujúcich poľnohospodárske pôdy SR, vykazujú veľmi malé zmeny, ktoré sú buď v tolerancii (pod detekčným limitom) použitých analytických metód, alebo sa mierny pokles dá v absolútnej väčšine prípadov vysvetliť zmenou kultúry využívania pôd (najčastejšie ak sa trávny porast v priebehu sledovaného obdobia zmenil na ornú pôdu). Mierny

nárast obsahu humusu sa dá vysvetliť intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby a tým aj väčším množstvom zvyškov organickej hmoty (odumretý koreňový systém, strnisko ...) v tých prípadoch, ak sa pôda používala za celé obdobie ako orná, alebo sa zvýšenie obsahu humusu dá zdôvodniť zmenou ornej pôdy na trvalý trávny porast (tab. 29).

Poznámka: Všetky údaje uvedené v tab. 29, 30 a na obr. 22 pochádzajú z lokalít, kde je vplyv erózie zanedbateľne malý.

Tab. 29 Zmeny v obsahu humusu na niektorých lokalitách za obdobie 1961 - 1970 až 1990 - 1995

| Pôdny typ (subtyp) | 1961 - 1970 | | 1990 - 1995 | |
|------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| | kultúra | obsah humusu v % | kultúra | obsah humusu v % |
| černozem typická karbonátová | OP | 2,53 | OP | 2,57 |
| hnedozem pseudoglejová | OP | 1,72 | OP | 1,82 |
| fluvizem typická karbonátová | OP | 2,43 | OP | 2,11 |
| čiernica typická karbonátová | TTP | 4,81 | OP | 3,94 |
| černozem typická karbonátová | Sad | 3,00 | OP | 2,20 |
| kambizem dystrická | TTP | 5,64 | TTP | 5,90 |
| pseudoglej typický | TTP | 3,10 | TTP | 3,81 |
| pseudoglej typický | OP | 1,33 | TTP | 1,40 |
| pseudoglej typický | OP | 2,36 | TTP | 4,14 |
| kambizem typická | TTP | 3,55 | TTP | 4,45 |
| kambizem typická | OP | 3,05 | OP | 2,81 |
| černozem čiernicová | OP | 2,41 | OP | 2,67 |
| pseudoglej typický | OP | 1,90 | OP | 1,50 |

V parametroch kvalitatívneho zloženia humusu a humínových kyselín za porovnávané obdobie sa zistili tieto zmeny:

- V obsahu humínových kyselín (HK) a fulvokyselín (FK) a v ich pomere prevláda tendencia mierneho nárastu obsahu HK v pomere ku FK, alebo ich vyrovnaný stav. Len v niektorých pseudoglejoch došlo k miernemu poklesu obsahu HK a k zníženiu pomeru HK/FK.
- V obsahu oxidovateľného uhlíka (C_{ox}), celkového dusíka (N_t) a v ich pomere (C/N), rovnako nedošlo k výraznejším zmenám. Menšie zmeny súvisia väčšinou s miernym nárastom, menej s poklesom C u hnedozemí s miernym nárastom N_t .
- V parametroch detailnejšej charakteristiky kvalitatívneho zloženia humusu tieto vo všetkých prípadoch vyjadrujú mierne (v rendzine kambizemnej výraznejšie)

Tab. 30 Zmeny v kvalitatívnej štruktúre humusu a humínových kyselín na niektorých pôdach medzi r. 1961 - 1970 a 1990 - 1995

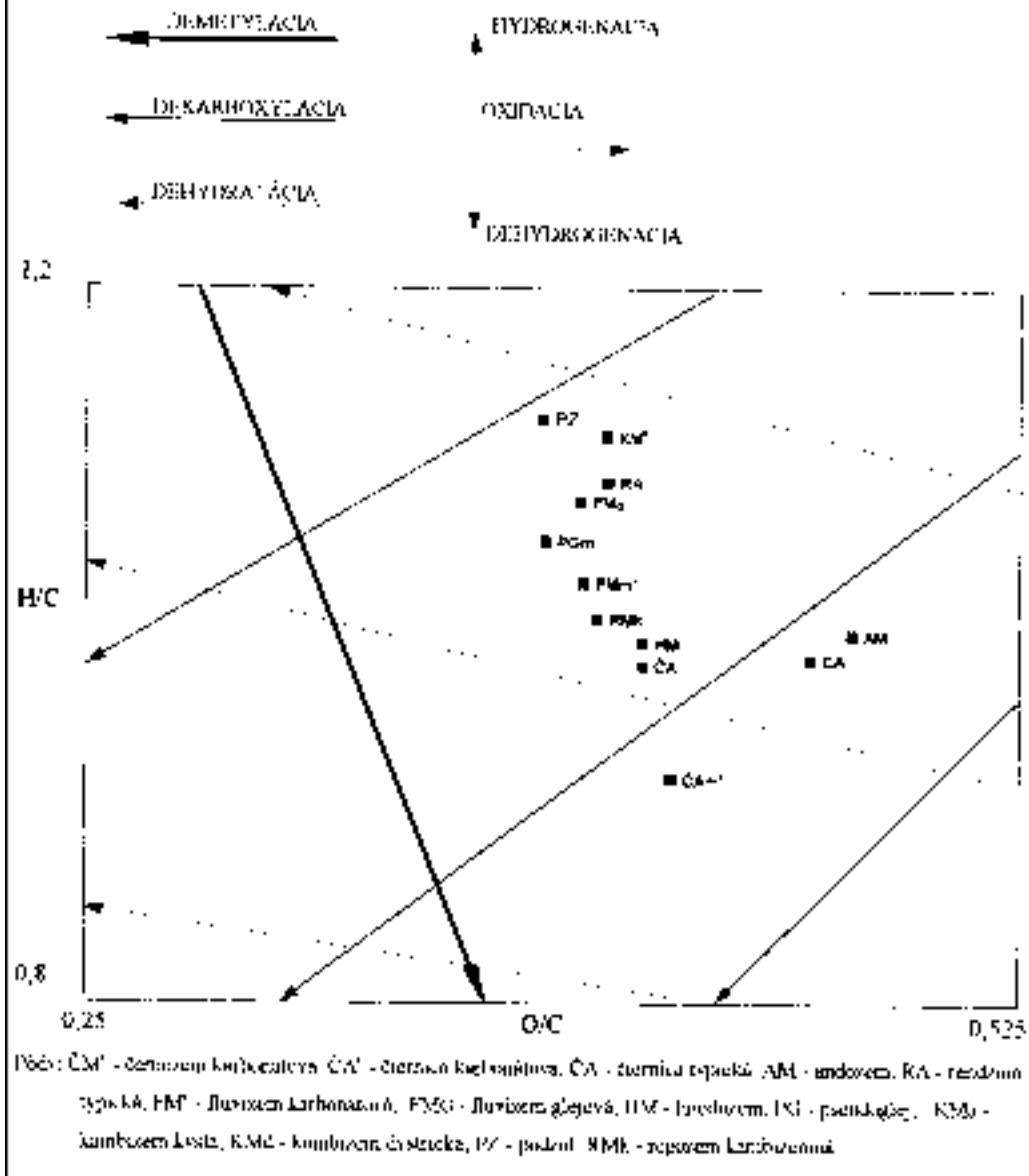
| Pôdny typ (subtyp) | obdobie | H / C | E ₆ | a | HK / FK | C _{ox} / N |
|-----------------------|---------|-------|----------------|------|---------|---------------------|
| rendzina typická | A | 0,869 | 20,0 | 43,7 | 0,74 | 7,4 |
| | B | 0,877 | 19,0 | 46,1 | 0,85 | 7,1 |
| pseudoglej (Kežmarok) | A | 0,893 | 16,0 | 44,6 | 0,74 | 9,6 |
| | B | 1,006 | 15,0 | 40,0 | 0,85 | 10,4 |
| pseudoglej (Bátka) | A | 0,960 | 10,0 | 36,0 | 0,72 | 8,6 |
| | B | 1,098 | 10,0 | 36,7 | 0,56 | 9,6 |
| hnedozem | A | 0,978 | 7,0 | 38,5 | 0,73 | 8,5 |
| | B | 1,014 | 7,0 | 35,5 | 0,71 | 7,6 |
| rendzina kambizemná | A | 0,895 | 16,0 | 41,4 | 0,72 | 9,9 |
| | B | 1,017 | 4,5 | 35,0 | 1,02 | 8,0 |
| čiernica | A | 0,885 | 13,0 | 41,0 | 1,47 | 9,6 |
| | B | 0,856 | 20,0 | 55,0 | 1,43 | 8,4 |

A = 1961 - 1970; B = 1990 - 1995

zvýšenie pomeru elementárneho H/C, prevažne ako výsledok hydrogenácie štruktúry humínových kyselín, čo sa prejavuje aj ich posunom temer u všetkých sledovaných typov pôd vo van Krevelenovom diagrame smerom hore (vyjadrenie vplyvu hydrogenácie- obr. 25). Tieto zmeny sú podmienené prírastkom alifatických zložiek a súčasne intenzívnejšou mineralizáciou humínových kyselín, následkom ktorej stúpa obsah elementárneho H. Len v prípade čiernic (Spišská Belá) je vidieť miernu dehydrogenáciu, pravdepodobne ako výsledok mineralizácie vysokého obsahu humusu u týchto pôd, súvisiacu so zmenou ich vodného režimu za posledných 30 - 35 rokov (vysušovanie).

Záverom konštatujeme, že obsah a kvalitatívne zloženie humusu v poľnohospodárskych pôdach (ktoré nie sú výraznejšie ovplyvňované procesmi erózie) sa za obdobie 1961 - 1970, až 1990 - 1995 výraznejšie nezmenil, alebo je vidieť tendenciu mierneho prírastku niektorých menej kondenzovaných zložiek humusu. Uvedený jav sa dá vysvetliť vplyvom výraznej intenzifikácie poľnohospodárstva približne po r. 1970, čo bolo spojené s všeobecným rastom úrod a tým aj rastom množstva organických zvyškov, ale zrejme sa na tom podieľalo aj používanie organických hnojív.

Van Krevelenov diagram



Tento vývoj však neplatí pre posudzovanie zmien za obdobie 1990 - 1995, ktoré bude predmetom hodnotenia len tohto obdobia v budúcich rokoch, pretože, ako je známe, intenzifikácia poľnohospodárstva a výšky úrod od r. 1990 výrazne klesali.

Pôdna reakcia a jej vývoj

Vo vývoji pôdnej reakcie za posledných 30 až 35 rokov je problematické všeobecnejšie určiť zmeny, pretože spolu s acidifikačným vplyvom zrážok (tzv. kyslých dažďov) a acidifikačne pôsobiacich rezíduí priemyselných hnojív, prebiehalo v tomto období na prevažnej časti kyslých poľnohospodárskych pôd aj intenzívne vápnenie s neutralizačným účinkom.

Retrospektívny vývoj pôdnej reakcie podľa agrochemického skúšania pôd vyjadruje od r. 1971 - 1975 trvalý pokles zastúpenia pôd s kyslou reakciou, až po posledný cyklus (1990 - 1994), v ktorom sa opäť začína prejavovať mierny nárast pôd s kyslou reakciou (ÚKSÚP - 1995).

Z vybraného súboru lokalít, z ktorých sa zachovali archívne pôdne vzorky je dokázateľné mierne zakyslenie hnedozemí, ktoré sa relatívne menej vápnili a zmiernenie kyslosti, až po dosiahnutie hranice neutrálnej reakcie u pseudoglejov, ktoré sa vápnili relatívne najviac. Zmeny pôdnej reakcie u karbonátových pôd (černozeme) smerom k alkalickej reakcii sa dajú vysvetliť rôzne, napríklad aj prehĺbením ornice s prirodzene vyšším obsahom uhličitanov začiatkom 70-tych rokov v súvislosti s novou generáciou mechanizmov pre obrábanie pôdy.

Tab. 31 Zmeny pôdnej reakcie (pH/KCl) vo vybraných lokalitách (ornica) za obdobie 30 - 35 rokov

| Pôdny typ (subtyp) | 1961-1970 | | Súčasný stav | | | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| | 0,1 - 0,10 m | 0,1 - 0,10 m | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₁₋₅ |
| černozem typická karbonátová | 7,06 | 7,30 | 7,19 | 7,29 | 7,27 | 7,32 | 7,28 | 7,27 |
| hnedozem typická | 6,50 | 5,20 | 5,05 | 5,26 | 5,23 | 5,06 | 5,13 | 5,15 |
| kambizem pseudoglejová | 5,50 | 6,33 | 6,40 | 6,79 | 6,42 | 6,51 | 6,67 | 6,56 |
| pseudoglej typický | 5,90 | 6,82 | 6,75 | 6,77 | 7,04 | 6,84 | 6,81 | 6,84 |

x - aritmetický priemer z opakovaní súčasného stavu; x₁ ...x₅ = opakovania meraní v r. 1991 - 1996.

SOIL PROPERTIES DEVELOPMENT DURING LAST 30 - 35 YEARS

Soil samples from soil survey which was organized 30 - 35 years ago have been archived in Soil Fertility Research Institute in Bratislava. We have taken present soil samples surroundings pedons of have been stored. These ones have been analysed by the methods used in soil monitoring system. Results are presented in figures and tables.

Levels of available P has been increased about 200% and available K contents about 100 % during last 30 - 35 years as a result of intensive fertilization. In the depth 0,30 - 0,45 m available P contents have been increased about 50 % and available K content about 60 %. According to fractional composition P and K the most part of these nutrients have been transformed into the non-soluble forms for plants.

Content and qualitative composition where humus were not changed except the sites of strong erosion and cultivation changes arable land to grassland. Slight change in H/C relationship may be explained by intensive hydrogenation and increase of aliphatic components. These changes have been probably caused by high doses of fertilizers and global crops increase, as well.

Soil reaction value changes are slight, as a result of lime application on the prevalent part of acid soil in Slovakia during last 30 - 35 years.

Notes to enclosures:

Fig. 21, 22 Available P and K change in soils of Slovakia in period 30 - 35 years (P in mg/kg, soil sample depth in m)

Tab. 28 Available P and K changes from 1961 - 1970 to 1992 in main soil types of Slovakia (soil types, soil samples depth, state in 1961 - 1970, state in 1992 year)

Fig. 23, 24 Fractional composition of P and K contents change during 30 - 35 years (P - available, water soluble, hardly soluble, organic, K - available, water soluble, exchangeable, mobile reserve, potential reserve)

Tab. 29 Humus contents change on some monitored sites (soil type, soil utilization, humus content)

Tab. 30 Humus qualitative composition changes and humic acids in some soils (soil type, period)

Fig. 25 van Krevelen diagram (A_1, B_1 - Rendzina, A_2, B_2 - Planosol, A_3, B_3 - Planosol, A_4, B_a - Orthic Luvisol, A_5, B_5 - Rendzina, A_6, B_6 - Phaeozem)

Tab. 31 Soil reaction changes (pH/KCl) in selected soils (topsoil) in period 30 - 35 years (soil type, present state, \bar{x} - arithmetic mean $x_1 \dots x_5$ = repeated measurements in site in 1991 - 1996.

13. FYZIKÁLNE VLASTNOSTI ORNÝCH PÔD SR

Fyzikálne vlastnosti majú veľký význam nielen pre úrodnosť pôd, ale i veľkú časť ich mimoprodukčných funkcií, ako je akumulácia zrážok, regulácia vodného režimu a fyzikálne prostredie pre rast rastlín.

Parametre týchto vlastností sú určené nasledovnými pasívne i aktívne pôsobiacimi prirodzenými faktormi: zrnitostné zloženie, štruktúra podmienená genézou pôd, objemové zmeny pôdy vplyvom zmeny teploty a vlhkosti, činnosť pôdných organizmov, ale vo významnej miere aj obrábaním pôd a ostatnými aktivitami na pôdach súvisiacimi s ich poľnohospodárskym využívaním.

V monitoringu pôd sa sledujú nevratné, resp. dlhodobo nevratné zmeny fyzikálnych vlastností, ktoré sú výsledkom hlavne poľnohospodárskych aktivít. Treba ale zdôrazniť, že uvedené vplyvy pôsobia na pôdy s veľmi rozdielnym prirodzeným stavom fyzikálnych vlastností (rozdielne zrnitostné zloženie, rozdielna pórovitosť a objemová hmotnosť a ostatné vlastnosti), ako to vidieť z prehľadu ich priemerných minimálnych a maximálnych hodnôt v jednotlivých typoch orných pôd SR (tab. 32).

Predmetom monitoringu fyzikálnych vlastností sú prevažne orné pôdy. Z prehľadu ich parametrov za pôdne typy SR vidieť, že objemová hmotnosť a pórovitosť podornice, ako dôležité ukazovatele stavu uľahnutosti dosahujú menej priaznivé hodnoty aj preto, lebo u všetkých pôdných typov, mimo rendzín a regozemí, je v tejto časti profilu aj vyšší obsah ílovitých častíc.

Priemerné a maximálne hodnoty objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti sú dôkazom toho, že monitorovanie fyzikálnych vlastností je veľmi aktuálne, pretože parametre týchto a ďalších s nimi súvisiacich vlastností dosahujú v niektorých prípadoch aj kritické hodnoty. U stredne ťažkých pôdných druhov je to v podorniciach pseudoglejov, ktoré sú typické veľkou vertikálnou zrnitostnou diferenciáciou, ale vyskytujú sa aj v hnedozemiach, kambizemiach a fluvizemiach. Extrémne hodnoty objemovej hmotnosti v podornici sa vyskytujú aj u ťažkých druhoch kambizemí a hnedozemí. Extrémne vysoké hodnoty objemovej hmotnosti v podorniciach ľahkých pôd, najmä regozemí, nie sú výsledkom uľahnutosti, ale sú zapríčinené vysokým obsahom piesku prevažne z kremeňa, ktorého merná hmotnosť je vysoká ($2,65 \text{ g.cm}^{-3}$), pričom v týchto horizontoch nie je vytvorená pôdna štruktúra čo spolu ovplyvňuje objemovú hmotnosť pôd. V mnohých prípadoch sú extrémne hodnoty objemovej hmotnosti a pórovitosti viazané na ťažké druhy fluvizemí, kambizemí, ale aj čiernic a pseudoglejov.

Tab. 32 Charakteristické fyzikálne vlastnosti pôdných typov orných pôd SR

| Pôdny typ | Hĺbka odberu | Objemová hmotnosť [g·cm ⁻³] | | | | | | Celková pórovitosť [objemové %] | | | | | | Retenčná vodná kapacita [objemové %] | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|---|------|--------------------|------|------------|------|---------------------------------|------|--------------------|------|------------|------|--------------------------------------|------|--------------------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | | lahké pôdy | | stredne ťažké pôdy | | ťažké pôdy | | lahké pôdy | | stredne ťažké pôdy | | ťažké pôdy | | lahké pôdy | | stredne ťažké pôdy | | ťažké pôdy | | | | | | | | | | |
| | | min. | x | max. | min. | x | max. | min. | x | max. | min. | x | max. | min. | x | max. | min. | x | max. | min. | x | max. | | | | | | |
| ČM | A | - | 1,09 | 1,29 | 1,54 | 1,20 | 1,32 | 1,47 | - | - | - | 42,0 | 51,8 | 59,1 | 42,5 | 45,0 | 48,2 | - | - | - | 29,5 | 33,2 | 36,5 | 34,5 | 35,1 | 37,3 | | |
| | B | - | 1,15 | 1,35 | 1,59 | 1,30 | 1,44 | 1,63 | - | - | - | 40,4 | 49,2 | 58,0 | 39,5 | 46,3 | 49,7 | - | - | - | 30,2 | 34,5 | 36,2 | 32,9 | 34,0 | 36,5 | | |
| HM | A | - | 1,18 | 1,32 | 1,42 | 1,20 | 1,33 | 1,56 | - | - | - | 42,3 | 49,8 | 56,6 | 42,2 | 50,5 | 55,6 | - | - | - | 29,3 | 31,7 | 34,1 | 30,3 | 33,8 | 36,7 | | |
| | B | - | 1,19 | 1,38 | 1,51 | 1,40 | 1,53 | 1,67 | - | - | - | 43,7 | 48,3 | 55,9 | 42,1 | 45,1 | 50,6 | - | - | - | 29,0 | 32,4 | 35,9 | 35,7 | 37,6 | 39,2 | | |
| ČA | A | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,32 | 1,52 | 1,09 | 1,24 | 1,59 | 54,0 | 54,0 | 54,0 | 42,1 | 48,5 | 59,5 | 41,5 | 51,2 | 57,7 | 27,9 | 27,9 | 27,9 | 22,0 | 32,2 | 36,4 | 28,9 | 31,3 | 33,1 | |
| | B | 1,31 | 1,51 | 1,68 | 1,33 | 1,45 | 1,53 | 1,04 | 1,34 | 1,55 | 36,9 | 42,6 | 48,2 | 42,0 | 45,5 | 50,0 | 45,5 | 51,5 | 61,6 | 21,0 | 29,5 | 37,9 | 32,7 | 34,7 | 37,6 | 31,7 | 37,1 | 40,3 |
| KM | A | 1,72 | 1,72 | 1,72 | 1,13 | 1,41 | 1,66 | 0,90 | 1,26 | 1,48 | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 38,0 | 40,2 | 59,0 | 44,1 | 51,9 | 66,4 | 27,6 | 27,6 | 27,6 | 25,0 | 32,4 | 36,2 | 30,5 | 35,9 | 42,0 |
| | B | 1,61 | 1,63 | 1,65 | 1,44 | 1,54 | 1,64 | 1,28 | 1,44 | 1,58 | 37,2 | 40,5 | 43,7 | 37,9 | 42,4 | 48,5 | 42,3 | 47,0 | 52,0 | 28,2 | 32,7 | 37,1 | 29,3 | 34,1 | 38,4 | 28,6 | 37,2 | 44,4 |
| PG | A | - | - | - | 1,12 | 1,36 | 1,68 | 1,22 | 1,28 | 1,34 | - | - | - | 34,0 | 46,0 | 52,8 | 46,7 | 50,8 | 54,8 | - | - | - | 27,8 | 34,3 | 39,7 | 30,7 | 31,7 | 32,6 |
| | B | - | - | - | 1,28 | 1,51 | 1,77 | 1,37 | 1,49 | 1,64 | - | - | - | 39,7 | 44,5 | 52,0 | 39,9 | 43,5 | 47,0 | - | - | - | 29,2 | 33,2 | 37,9 | 32,2 | 35,3 | 38,6 |
| FM | A | 1,28 | 1,44 | 1,55 | 1,06 | 1,36 | 1,74 | 1,03 | 1,38 | 1,60 | 38,7 | 44,6 | 52,3 | 42,2 | 49,1 | 61,0 | 41,9 | 49,3 | 62,7 | 26,1 | 32,2 | 37,0 | 27,8 | 34,3 | 41,4 | 31,4 | 35,1 | 40,5 |
| | B | 1,18 | 1,41 | 1,65 | 1,41 | 1,49 | 1,77 | 1,17 | 1,40 | 1,58 | 27,1 | 42,1 | 49,3 | 39,8 | 45,9 | 49,5 | 37,9 | 47,5 | 57,1 | 23,2 | 31,7 | 37,6 | 30,7 | 33,6 | 35,9 | 33,2 | 37,4 | 43,1 |
| RA | A | - | - | - | 1,01 | 1,29 | 1,56 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | - | - | - | 43,3 | 51,7 | 60,1 | 48,6 | 48,6 | 48,6 | - | - | - | 25,9 | 33,9 | 41,8 | 39,2 | 39,2 | 39,2 |
| | B | - | - | - | - | - | - | 1,04 | 1,09 | 1,14 | - | - | - | - | - | - | 58,9 | 60,3 | 61,6 | - | - | - | - | - | - | 29,4 | 29,29 | 30,3 |
| RM | A | 1,35 | 1,47 | 1,58 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | - | - | - | 39,9 | 44,7 | 49,4 | 51,1 | 51,1 | 51,1 | - | - | - | 17,6 | 18,0 | 18,4 | 30,8 | 30,8 | 30,8 | - | - | - |
| | B | 1,48 | 1,54 | 1,60 | - | - | - | - | - | - | 40,1 | 42,3 | 44,5 | - | - | - | - | - | - | 15,4 | 17,0 | 18,6 | - | - | - | - | - | - |

ČM - černozem, HM - hneдозem, ČA - čiernica, KM - kambizem, PG - pseudoglej, FM - fluvizem, RA - rendzina, RM - regozem, lahké pôdy: obsah častíc pod 0,01 mm pôd %; stredne ťažké pôdy: obsah častíc pod 0,01 mm 20 - 45 %; ťažké pôdy: obsah častíc pod 0,01 mm 45 - 75 %, x - aritmetický priemer; min., max. - minimálne, maximálne hodnoty, A = 0,05 - 0,10 m; B = 0,35 - 0,45 m.

Uvedené fyzikálne vlastnosti pôd súvisia aj s ďalšími vlastnosťami, z ktorých sú predmetom monitoringu: nasýtená hydraulická vodivosť pôdy a penetrometrický odpor pôdy.

Súčasný stav nasýtenej hydraulickej vodivosti ovplyvnil na zrážky bohatý rok 1996, preto neboli namerané jej veľmi nízke hodnoty (pod $0,12 \text{ m.deň}^{-1}$). Hodnoty nízkej hydraulickej vodivosti ($0,12 - 0,24 \text{ m.deň}^{-1}$) boli namerané na všetkých pôdach so zhutnenou podornicou (s hodnotami objemovej hmotnosti nad $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$), pričom hranica $0,24 \text{ m.deň}^{-1}$ dosahovala na hlinitých pôdach a horná hranica ($0,12 \text{ m.deň}^{-1}$) na ílovitohlinitých a ílovitých pôdach.

Na nezhutnených hlinitých pôdach bola vodivosť od $0,16$ do $0,45$, až $0,87 \text{ m.deň}^{-1}$ (mierna až stredne nasýtená hydraulická vodivosť) a na piesočnatých pôdach až $1,15 \text{ m.deň}^{-1}$ (stredne vysoká hydraulická vodivosť).

Súčasný stav penetrometrického odporu pôdy bol vo vlhkom roku 1996 merateľný v celej stupnici až do hĺbky $0,9 \text{ m}$. Hodnoty dosahovali kritické hranice len pri niektorých zhutnených pôdach.

Pre hlinité pôdy po prepočte na vlhkosť 20% dosahovali hodnoty penetrometrického odporu $0,4$ až $0,85 \text{ MPa}$, pričom najvyššie hodnoty boli namerané vo všetkých prípadoch v podornici.

Na lokalitách zhutnených pôd (pseudogleje, hnedozeme, černoze) boli hodnoty penetrometrického odporu po prepočte na vlhkosť 20% pre hlinité pôdy $3,0$ až $4,0 \text{ MPa}$ a pre ílovitohlinité pôdy $3,7$ až $3,9 \text{ MPa}$.

Hodnoty penetrometrického odporu na piesočnatých pôdach boli od $2,58$ do $1,86 \text{ MPa}$.

PHYSICAL PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN SLOVAKIA

Present values of physical properties of arable land in main soil types in Slovakia is presented in Tab. 32. On the basis of presented information it may be said that physical properties of arable soils are very variable and their monitoring is important, especially in soils with higher contents of clay in subsoil (above all Planosols, Luvisols and Stagno - gleyic Cambisol).

Hydraulic conductivity stage was in 1996 year low what was caused by the influence of big amount of precipitation. Measured values from 0,12 m per day in loamy-clayey soils up to 0,24 - 0,87 m per day in loamy soils were measured without plough pan. In sandy soils the hydraulic conductivity value has been achieved up to 1,15 m per day.

Explanations to enclosures:

Tab. 32 Characteristic physical properties of soil types of arable soils in Slovakia(soil type, depth, bulk density, total porosity, retention water capacity (sandy soils, medium soils, soils with heavy texture). Soil types: Chernozems, Orthic Luvisols, Gleyic Phaeozems, Planosols, Fluvisol,Rendzinas, Regosols

14. ERÓZIA PÔD

Je známe, že vodná erózia je vo všetkých jej formách (vodná, plošná a stržová, veterná) jedným z najnebezpečnejších prejavov degradácie pôd, devastácie krajiny a životného prostredia.

V rámci poľnohospodárskych pôd SR je v súčasnosti 24 % pôd poškodených strednou, až silnou vodnou eróziou (tab. 33).

Veternou eróziou je ohrozené v strednej intenzite len 5 % a v silnej intenzite 2 % poľnohospodárskych pôd. I preto sa táto forma erózie zatiaľ nemonitoruje.

Z uvedeného stručného prehľadu vidieť, že sledovanie vodnej erózie pôd v čase a v priestore patrí v SR k dôležitým, ale súčasne aj k technicky najťažším realizovateľným cieľom monitoringu pôd.

Tab. 33 Prehľad potenciálnej a aktuálnej vodnej erózie z poľnohospodárskeho pôdneho fondu SR

| Intenzita vodnej erózie | potenciálna erózia | | aktuálna erózia | |
|---|--------------------|----|-----------------|----|
| | plocha v ha | % | plocha v ha | % |
| bez prejavu erózie (pôdy na rovine) | 660 324 | 27 | 660 | 27 |
| slabá erózia: do 4 t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹ | 440 216 | 18 | 1 198 369 | 49 |
| stredná erózia: 4 až 10 t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹ | 489 129 | 20 | 513 582 | 21 |
| silná erózia: 10 až 30 t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹ | 440 216 | 18 | 48 913 | 2 |
| extrémne silná erózia: nad 30 t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹ | 415 759 | 17 | 24 456 | 1 |

Vysvetlenie výpočtu plôch potenciálnej a aktuálnej erózie: výpočet sa uskutočnil z údajov bonitačnej banky dát (Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva a Výskumný ústav pôdnej úrodnosti). Pre výpočet potenciálnej a aktuálnej erózie sa pre každú bonitovanú pôdno-ekologickú jednotku (BPEJ) v SR vypočítal odnos pôdy podľa rovnice Wischmeier a Smith (v úprave Pasák et al., 1983) v dvoch variantoch. Pri prvom sa nebral do úvahy vegetačný kryt, čím bola vyjadrená potenciálna erózia (resp. potenciálne ohrozenie pôd eróziou). Pri druhom variante sa vypočítal odnos pôdy len pre orné pôdy, pričom sa pre faktor vegetačného krytu vzal do úvahy podiel jarných plodín s najnižším protieróznym účinkom podľa priemernej štruktúry osevných plôch v jednotlivých bonitovaných pôdno - ekologických jednotkách (vid. Linkeš, V. et al., 1990).

Sledovanie vývoja erózie pôd je výrazne komplikované aj tým, že súčasná (respektíve historická) erózia pôd podmienená ich obrábaním prebieha na pôdnom kryte, ktorý bol v rôznej miere ovplyvnený prirodzenou - tzv. geologickou eróziou dávno pred začiatkom ich poľnohospodárskeho využívania.

Pre sledovanie vývoja (tempa) pôsobenia vodnej erózie v monitoringu pôd používame 2 metódy:

- metódu merania intenzity prejavu eróznou - akumuláčnych procesov v typických radoch sond po spádnicí s použitím izotopu ^{137}Cs ako značkovacieho prvku,
- „klasickú“ metódu pomocou geodeticky zameraných pedologických sond a porovnávaním rozdielov v hrúbke diagnostických horizontov, profilového priebehu zrnitostného zloženia, obsahu humusu a prijateľného P.

Podstatou metódy merania intenzity erózie pôd pomocou izotopu ^{137}Cs je jeho využitie ako veľmi stabilného značkovacieho prvku, ktorý sa do povrchovej časti pôd dostáva ako „cudzí“ prvok globálnym prenosom z termonukleárných explózií existujúcich na zemi od r. 1945. Hĺbka jeho výskytu v pôdnom profile radu sond umiestnených po spádnicí umožňuje bilanciu erózných a akumuláčnych procesov na svahu za posledných približne 40 rokov a má preto v súčasnom monitoringu pôd viac význam pre hodnotenie doterajšieho vývoja erózie.

Metóda merania erózie izotopom ^{137}Cs má výhodu aj v tom, že merania nie sú ovplyvnené stavom prirodzenej (geologickej) erodovanosti pôd, ktorý bol pred ich poľnohospodárskym využívaním. Metóda berie do úvahy len prejav erózie za posledných 40 rokov, ako aj jej vývoj v ďalších rokoch monitoringu pôd (tab. 34).

Tab. 34 Aktivita ^{137}Cs v profiloch pôd v lokalite Voderady

| hĺbka vzorky v m aktivita ^{137}Cs , Bq.kg ⁻¹ | miesto na svahu / sklon | | |
|--|--|---|---|
| | okraj plošiny, 1 ⁰ pôdny typ: regozem | stred svahu, 3 ⁰ pôdny typ: černozem erodovaná | dno úvaliny, 1 ⁰ pôdny typ: černozem akumulovaná |
| 0 - 0,20 | 10,9 | 9,2 | 12,2 |
| 0,25 - 0,30 | 9,0 | 7,4 | 10,5 |
| 0,30 - 0,35 | 5,8 | 0,3 | 10,8 |
| 0,35 - 0,40 | < 0,3 | < 0,3 | 6,3 |
| 0,40 - 0,45 | < 0,3 | < 0,3 | 4,2 |
| 0,75 - 0,85 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 |

Monitoring pôd sleduje intenzitu erózie pôd uvedenými metódami, zatiaľ v štyroch typických lokalitách: Voderady (černozeme na mierne členitej sprašovej pahorkatine), Plavé Vozokany (černozeme na výrazne členitej sprašovej pahorkatine), Ulič a Luborča (pseudogleje na členitej pahorkatine), jedna vo východnej a druhá v západnej časti SR.

Pre ilustráciu použitia tejto metódy uvádzame pre vyhodnotenie priebehu erózie za posledných 40 rokov na lokalite Voderady (Linkeš, et al., 1992).

Interpretácia:

Z priebehu hĺbky výskytu významnej aktivity ^{137}Cs v sondách po svahu vidieť eróziou približne nenarušenú pôdu na plošine pahorkatiny s výskytom ^{137}Cs do hĺbky 0,35 m (aj keď sa jedná o geologickou eróziou silne narušenú pôdu, pretože súčasná ornica je vytvorená zo spraše vystupujúcej na povrch) a silne erodovanú pôdu na svahu s výskytom významnej aktivity ^{137}Cs len do hĺbky 0,3 m, čo predstavuje intenzitu 1,2 mm za rok, resp. 16 t.ha⁻¹, alebo 48 mm a 640 t.ha⁻¹ za posledných 40 rokov. Jedná sa teda o silnú intenzitu erózie.

Nárast hrúbky akumulovanej vrstvy pôdneho profilu na dne úvaliny o 0,1 m dokazuje prínos erodovanej pôdy až o 100 % vyšší, ako je odnos, jedná sa však o dno úvaliny (suchej plytkej doliny), ktorou je transportovaná erodovaná pôda zo širšieho okolia.

Meraním hrúbky výskytu, aj aktivity ^{137}Cs v pôdnom profile v 5-ročných intervaloch v geodeticky zameraných lokalitách radu pôd sa obdobným spôsobom zisťujú trend intenzity erózie.

SOIL EROSION

„Partial monitoring system - Soil“ is able to monitor water erosion as a development of erosion (accelerated/ slow down) for the time being only on 4 sites of Slovakia. ^{137}Cs activity method in catena of soil profiles was used (Tab. 34).

Present conditions of potential and actual water erosion of cropland are elaborated by use land evaluation database in which the areas of soil mapped units are supplemented with climatic characteristics and inclination as well as with type of utilization (arable land, grassland, etc.).

For calculation of erosion has been used the Wischmeier and Smith equation (Tab. 33).

There 24 % of agricultural soils in Slovakia have been damaged by medium and strong erosion every year. Finally, 49 % of agricultural soils have been damaged by slight erosion and 27 % of agricultural soils are without erosion (levels).

Explanations to enclosures:

Tab. 33 Review of potential and actual water erosion of farming land in Slovakia

Tab. 34 Example of ^{137}Cs utilization in soil catena for actual soil erosion measurement (soil sample depth, soil type: Regosol, Chernozem eroded, Chernozem accumulated)

15. DATABÁZA - ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM - PÔDA

Databáza - „Čiastkový monitorovací systém - pôda“ (ČSM-P) pri Výskumnom ústave pôdnej úrodnosti - Stredisko pre ČSM-P. Databáza je spracovaná v databázovom programe MS ACCESS v 2,0 vo forme používateľského programu, ktorého súčasťou je používateľské rozhranie so základnými funkciami pre prácu s uloženými údajmi a databáza údajov o monitorovacích sondách. Pre používanie programu je potrebné prostredie MS Windows a MS ACCESS. Používateľ nemusí poznať ovládanie týchto prostredí, pretože používateľské rozhranie systému ČSM-P je intenzívne a nevyžaduje žiadne špeciálne znalosti, alebo zaškolenie. Pre prácu s údajmi je tiež možné používať aj všetky funkcie a možnosti programu MS ACCESS, pričom je však potrebné poznať štruktúru uložených údajov o sondách.

Verzia 2,2 programu ČSM-P bola pripravená a je určená pre nasledovné verzie štandardných programov:

MS Windows 3,1 CZ,
MS ACCESS 2,0.

Z toho vyplývajú nasledovné požiadavky pre minimálne HW vybavenie pracoviska:

PC 486 DX2/66 MHz,
RAM 8 MB,
monitor 17" SVGA s nastaveným rozlíšením 1024 x 768.

Verziu 2,2 programu ČSM-P je možné importovať do v súčasnosti najviac používaného prostredia na počítačoch triedy PC:

MS Windows 95 CZ,
MS ACCESS 7,0 (aj ako súčasť MS Office Professional).

Z toho vyplývajú nasledovné požiadavky pre minimálne HW vybavenie pracoviska:

PC Pentium 100 MHz,
RAM 16 MB,
monitor 17" SVGA s nastaveným rozlíšením 1024 x 768.

V programe ČSM-P je používaná slovenská diakritika podľa kódovej stránky ISO 1250.

DATABASE - PARTIAL MONITORING SYSTEM - SOIL

Database - „Partial Monitoring System - Soil (CSM-P) by Research Institute of Soil Fertility - Centre for CSM-P. Database is created in program of database called MS ACCESS 2.0 as a user's program with user's interface and database of monitoring probes. Basic functions are determined for using of filed data in database. It is necessary MS Windows and MS ACCESS environment for using of program CSM-P. It is not necessary to know functions of these programs by user. It is possible to using functions of MS Access for working with data stored insystem CSM-P, but it is necessary to know of data structure.

System CSM-P release 2.2 was created and working in these releases of programs:

MS WINDOWS 3.1. CZ
MS ACCESS 2.0

and necessary hardware:

PC 486 DX2/66 MHz
RAM 8 MB
monitor 17" SVGA, 1024 x 768 dots.

It is possible to import of system CMS-P, release 2.2 into environment:

MS Windows 95 CZ
MS ACCESS 7.0

and necessary haedware:

PC Pentium 100 MHZ
RAM 16 MB
monitor 17" SVGA, 1024 x 768 dots.

In program CMS-P is used for characters code page No 1250.

16. ZÁVER

Správa o súčasnom stave monitorovaných vlastností pôd obsahuje informácie získané z prvej etapy Čiastkového monitorovacieho systému - pôda, získané z analýz pôdných vzoriek z obdobia 1992 - 1996. V prípade plošného prieskumu kontaminácie pôd, ktorý je relatívne samostatnou časťou monitoringu z obdobia 1991 - 1995.

Získané výsledky majú teda charakter inventarizácie parametrov vlastností pôd, ktoré budú predmetom sledovania ich zmien monitoringu v ďalších rokoch. Sú to tiež výsledky, ktoré sa po prvý raz v SR získali jednotným metodickým postupom z celého územia (mimo záhrad v intravilánoch). Predstavujú prvé informácie o súčasnom stave našich pôd, ako významnej zložky životného prostredia, základu poľnohospodárstva a lesného hospodárstva.

Výber monitorovaných vlastností pôd pozostáva z vlastností pôd dôležitých z hľadiska ich úrodnosti, ako aj z hľadiska kvality životného prostredia. Preto sú v správe údaje o stave kontaminácie pôd SR rizikovými stopovými prvkami a organickými polutantami, údaje o množstve a podrobnom kvalitatívnom zložení humusu o obsahu prijateľného P a K a ich frakciách podľa ich rozpustnosti, resp. uvoľniteľnosti o stave pôdnej reakcie a obsahu aktívneho Al a o stave fyzikálnych vlastností pôd. Pozornosť je venovaná aj monitoringu erózie.

Relatívne menej informácií je venované hodnoteniu pôdnej reakcie a obsahu prijateľných živín. Tieto vlastnosti pôd sú totiž monitorované aj celoštátnym agrochemickým skúšaním pôd (ÚKSÚP 1995).

Záverom môžeme konštatovať, že prvé výsledky monitoringu pôd priniesli objektívne a ucelené informácie o súčasnom stave našich pôd, ktoré sa dajú využiť (a vo veľkej miere sa už využívajú) v rôznych rezortoch a odvetviach národného hospodárstva, vo vede ako aj pre vysoké školy.

CONCLUSIONS

This report on present state of monitored soil properties contains the information which has been obtained from the 1-st period of, „Partial Monitoring System - Soil“ on the basis of soil samples analyses from 1992 - 1996. The area soil contamination survey (from period 1991 - 1995) is relatively independent subsystem of soil monitoring system in Slovakia.

The obtained results have inventoried character of soil properties parameters, which will be the object of observation of soil properties change monitoring in the future. There are also the results which have been obtained by unified methods for first time in Slovakia (except municipal gardens and orchards). These ones have been indicated first information on present state of soil cover in Slovakia as a significant part of environment as well as the basis of agriculture and forestry.

The choice of monitored soil properties consists of important soil properties, particularly from their fertility view, as well as the environment quality point of view. Therefore it is possible to find in this report the significant data on soil contamination by risk trace elements and organic pollutants, on contents and fractional composition of humus, on content of available nutrients (P and K) as well as phosphorus and potassium fractional composition according their solubility, soil reaction and active Al contents and physical properties present stage, as well. Finally, there has been monitored also soil erosion in some sites of monitoring network in Slovakia.

This is relatively short information concerning soil reaction and available nutrients. These soil properties have been monitored within the framework of national agrochemical testing of agricultural soils (ÚKSÚP - Central Checking and Testing Institute of Agriculture, 1995).

Finally, it may be said that the first results of soil monitoring in Slovakia represent objective and complete information on present stage of our soils, which can be used in different branches of national economy, in research institutes and universities.

17. LITERATÚRA

1. **AIKEN, H. et al.:** The environment a multidisciplinary issue, Amsterdam, s. 176 - 179.
2. **BENEŠ, S.:** Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí , MZ ČR, Praha, 1993, I., 88 s. a II., 159 s.
3. **BERSET, J. D. et al.:** Organic micropollutants in Swiss agriculture: Distribution of PAH and PCB in soil, liquid manure, sewage sludge and compost samples, a comparative study. Inter. J. Environ. Anal. Chem. Vol. 59, s. 145 - 165.
4. **BÍZIK, J. et al.:** Ekologické princípy hospodárenia, VŠ Nitra, 1993, (správa - manuskript).
5. **BLUME, H. P.:** Handbuch des Bodenschutzes. Bodenkologie und belastung Vorbeugende und abwehrende Schutzmassnahmen. 2. Auflage, Ecomed 1992, 794 s.
6. **DUTCH ABC** - referencial list for soil and groundwater contamination, 1991. In.: Hinsenveld, M.: Innovative techniques for treatment of Contaminated soils and sediments. Univ. of Cincinnati, Dep. of Civil and Environmental Engineering. 1991.
7. **ENGLUND, E. - SPARKS, A.:** GEO - EAS 1,2,1: Geostatistical Environmental Assessment Software. User's Guide, U.S. EPA, Las Vegas, Nevada. 1991.
8. **FAO** - Unesco: Soil map of the world Revised Legend, Rome, 1990.
9. **FULAJTAR, E. a kol.:** Monitoring pôd na území dotknutom výstavbou vodného dieľa na Dunaji. Záv. správa za roky 1989 - 1995. VÚPÚ, Bratislava, 1995.
10. **GAULTHER, T. et al.:** Fluorescence quenching method for determining equilibrium constants for polycyclic aromatic hydrocarbons binding to dissolved humic materials. Envir. Sci. Techn. 20, s. 1162 - 1166. 1986.
11. **HRTÁNEK, B.:** Stanovenie pôdnej reakcie a potreby vápnenia. Zborník referátov z II. celoštátnej konferencie „Optimalizácia pôdnej reakcie“, 1981, s. 83.
12. **HOLOBRADÝ, K. et al.:** Riešenie ekologickej ohrozenosti v oblasti stredný Spiš, VS Košice, 1992, Príroda, Bratislava, 1992, 194 s.
13. **HRAŠKO, J. et al.:** Morfogenetický klasifikačný systém, Bratislava, 1991.
14. **HRONEC, O. et al.:** Exhaláty vo vzťahu k pôdam a rastlinám východného Slovenska, 1992, s. 194.
15. **ISO** (International organisation for standardization): IC 190/SC 3 N 134.
16. **KABATA, A. - PENDIAS, PENDIAS, H.:** Trace Elements in Soils and Plants, 2nd Edition, London, 1992, 365 s.
17. **KONONOVA, M. M. - BELČIKOVA. N. P.:** Uskorenyje metody opredelenija sostava gumusa. Počvovedenije, 10, 1961, s. 125-129.
18. **KOZÁK, J., BÍLKOVÁ, H.:** Stanovení vybraných stopových prvků (Zn, Cd, Pb) v půdních extraktech. In: O metodice, stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu. Kuparovice, 1986.

19. **KUMADA, K.:** Chemistry of Soil Organic Matter. Amsterdam, Elsevier, 1987.
20. **LARSEN, S. . WIDDOWS, E.:** Stanovenie vodorozpustného fluóru v pôde ionselektívnou elektródou. *J. Soil Sci* 1971, 22: 210 - 221.
21. **LINKEŠ, V. et al.:** Výpočet a zhodnotenie stavu poškodenia poľnohospodárskych pôd na Slovensku z údajov bonitačnej banky dát. In: Zborník „Ekonomické aspekty ochrany životného prostredia v земедělství“. DT ČSVTS České Budejovice, 1990.
22. **LINKEŠ, V. - LEHOCKÝ, M. - STANKOVIANSKÝ, M.:** Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím ¹³⁷Cs. In.: Vedecké práce VÚPÚ Bratislava, č. 16, 1992, s. 111 - 119.
23. **MARUŠIAK, I.:** Základná správa k mape Slovenska. Mapa izolínií antropogénnej ortute. M1 : 200 000, Geofyzika, Bratislava, 1991.
24. **Ministerstvo pôdohospodárstva SR:** Vestník MP SR, roč. XXVI, čiastka I., rozhodnutie 3, číslo 531/1991 z januára 1994.
25. **MOCIK, A.:** Úloha pôdy pri transporte ťažkých kovov do poľnohospodárskych plodín. In: Hraško, J. et al: Pôda a výživa rastlín, Príroda, Bratislava, 1985, s. 95 - 101.
26. **NĚMEČEK, J., PODLEŠÁKOVÁ, E., PASTUSZKOVÁ, M.:** Návrh limitu kontaminace pud perzistentními org. xenobiotickými látkami pro ČR. In: Rostl. výroba, 2 1996, s. 49 - 53.
27. **OLEA, R. A.:** Optimum Mapping Techniques Using Regionalized Variable Theory. Series on Spatial analysis, no 2, Kansas Geographical Survey, Lawrence. 1975.
28. **PASÁK, V. et al.:** Ochrana zemědělské půdy před erozí. Ústav vedeckotechnických informací pro zemědělství. Metodiky. 11/1983, Praha, 77 s.
29. **PETRO, M.:** Spríevodná správa k mape geochemických anomálií vybraného súboru prvkov na území SR v M 1 : 200 000 (stav k 30.11.1991), Banská Bystrica, 1991 (správa - manuskript).
30. **SCHMITZER, M. - GUPTA, C. M.:** Determination of acidity in soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 26, 1965, s. 274 - 277.
31. **TAYLOR, S. R. Mc LENNAN, S. M.:** The continental crust: its composition and evaluation. Blackwel Sci. Publ., Oxford, 1985.
32. **United nations economic comission for Europe:** Intenational Co - operative programme on assessment and monitoring of air pollution effets on forests (ICP Forests).L Manual. 3 rd edition, Programme coordinating Centres, Hamburg and Prague, 1994, 177 s.
33. **ÚKSÚP (Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky):** Jednotné pracovné postupy pre agrochemické skúšanie pôd., Bratislava, 1989 (metodika - manuskript).
34. **ÚKSÚP (Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky):** Výsledky agrochemického skúšania pôd na Slovensku, Bratislava, 1995 v rokoch 1990 - 1994 (IX. cyklus ASP), ÚKSÚP.

35. **ZEIEN, H., BRUMMER, G. W.:** Ermittlung der Mobilität und Bindungsformen von Schwermetallen in Boden mittels sequenzieller Extraktionen. Mitteilungen Dr. Bodenkundl. Gesellsch., 66, 1991, s. 439 - 449.
36. **YETAS, S. R. - YETAS, M. V.:** Geostatistics for Waste Management: a User's Manual for the GEOPACK (Ver. 1,0) Geostatistical Software System, U.S. EPA, Ada, Oklahoma.